





MINISTÈRE DE LA GUERRE.

PROGRAMMES

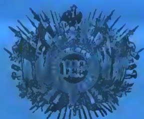
POUR L'ADMISSION ET POUR L'ENSEIGNEMENT

A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

ARRÊTÉS

PAR LA COMMISSION NOMMÉE EN EXÉCUTION DE LA LOI DU 5 JUIN 1850,

ET APPROUVÉS PAR LE MINISTRE DE LA GUERRE.



PARIS.

IMPRIMERIE NATIONALE.

1850.

MINISTÈRE DE LA GUERRE.

PROGRAMMES

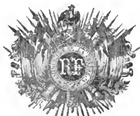
POUR L'ADMISSION ET POUR L'ENSEIGNEMENT

A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

ARRÊTÉS

PAR LA COMMISSION NOMMÉE EN EXÉCUTION DE LA LOI DU 5 JUIN 1850,

ET APPROUVÉS PAR LE MINISTRE DE LA GUERRE.



PARIS.
IMPRIMERIE NATIONALE.

1850.



PREMIÈRE SECTION.

DEUXIÈME SECTION.

PREMIÈRE SECTION.

PROGRAMMES DES CONNAISSANCES EXIGÉES POUR L'ADMISSION À L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

MINISTÈRE DE LA GUERRE.

PROGRAMMES

DES CONNAISSANCES EXIGÉES

POUR L'ADMISSION

A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

I. ARITHMÉTIQUE[1].

Numération décimale (2).

Addition et soustraction des nombres entiers.

Multiplication des nombres entiers. — Table de Pythagore. — Le produit de plusieurs nombres entiers ne change pas de valeur, dans quelque ordre qu'on effectue les multiplications. — Pour multiplier un nombre par le produit de plusieurs facteurs, il suffit de multiplier successivement par les facteurs du produit.

Division des nombres entiers (3). — Pour diviser un nombre par le produit de plusieurs facteurs, il suffit de diviser successivement par les facteurs du produit.

Restes de la division d'un nombre entier par 2, 3, 5, 9 et 11. — Application aux caractères de divisibilité par l'un de ces nombres; à la vérification du produit de plusieurs facteurs, et à la vérification du quotient de deux nombres.

Nombres premiers. Nombres premiers entre eux.

Trouver le plus grand commun diviseur de deux nombres. — Si un nombre divise

(1) L'arithmétique sera enseignée au point de vue de ses usages. On l'exposera avec simplicité, et on exercera les élèves à calculer avec facilité et exactitude. On exigera d'eux qu'ils ne présentent jamais un résultat numérique sans donner en même temps la vérification de sa justesse.

(2) Il ne sera fait aucune question sur les systèmes de numération dont la base n'est pas égale à 10.

(3) La règle pratique peut être entièrement expliquée par cette considération, qu'en multipliant le diviseur par divers nombres, on reconnaît si le quotient est plus petit ou plus grand que le multiplicateur. Traitée avec la simplicité convenable, la division ne présentera pas aux élèves plus de difficultés que les autres règles de l'arithmétique

un produit de deux facteurs, et s'il est premier avec l'un des facteurs, il divise l'autre. — Décomposer un nombre en ses facteurs premiers. — Déterminer le plus petit nombre divisible par des nombres donnés.

Fractions ordinaires.

Une fraction ne change pas de valeur quand on multiplie ou quand on divise ses deux termes par un même nombre. Réduction d'une fraction à sa plus simple expression. Réduction de plusieurs fractions au même dénominateur. Réduction au plus petit dénominateur commun. — Comparer entre elles les grandeurs de plusieurs fractions.

Addition et soustraction des fractions. — Multiplication. Fractions de fractions. — Division.

Calcul des nombres composés d'une partie entière et d'une fraction.

Nombres décimaux (1).

Addition et soustraction.

Multiplication et division. — Comment on obtient le produit ou le quotient, à une unité près d'un ordre décimal donné (2).

Réduire une fraction ordinaire en fraction décimale. — Quand le dénominateur d'une fraction irréductible contient d'autres facteurs que 2 et 5, la fraction ne peut pas se réduire exactement en décimales, et le quotient, qui se prolonge indéfiniment, est périodique.

Trouver la fraction ordinaire, génératrice d'une fraction décimale périodique : 1° quand la fraction décimale est périodique simple; 2° quand elle contient une partie non périodique (3).

Système des nouvelles mesures.

Mesures linéaires. — Mètre; ses subdivisions; ses multiples. — Rapport de l'an-

---

(1) C'est surtout au calcul des nombres décimaux qu'on doit exercer les élèves. Le plus habituellement, les données d'une question sont des nombres décimaux qui ne sont même pas rigoureusement connus. Le calcul doit toujours être conduit de manière à ce qu'on puisse répondre du degré d'approximation exigé par la question.

(2) Les méthodes générales qu'on a coutume de donner pour le calcul des nombres décimaux sont insuffisantes. Par exemple, la règle prescrite pour la multiplication, de *multiplier les deux facteurs l'un par l'autre, sans tenir compte de la virgule, sauf à séparer à la droite du produit autant de chiffres décimaux qu'il y en a dans les deux facteurs*, est souvent inapplicable, toujours trop longue. On fera connaître aux élèves les méthodes abrégées par lesquelles on arrive à ne poser que le nombre de chiffres nécessaire pour obtenir l'approximation dont on a besoin.

(3) Les fractions décimales périodiques n'ayant pas d'usage dans les applications, on se bornera, à leur égard, à ces deux questions du programme.

cienne toise de six pieds au mètre. Convertir en mètres un nombre donné de toises.

Mesures de superficie. — Mètre carré; son expression en décimètres carrés et en centimètres carrés. — Are ; hectare.

Mesures de volume et de capacité. — Mètre cube; son expression en décimètres cubes, en centimètres cubes. — Stère; litre.

Mesures de poids. — Gramme ; ses subdivisions; ses multiples. — Rapport de l'ancienne livre-poids (divisée en onces, gros et grains), au kilogramme. Convertir en grammes ou en kilogrammes, un poids rapporté aux anciennes unités.

Monnaies. — Titre et poids des monnaies légales de France. — Rapport de l'ancienne livre tournois au franc. Convertir en francs une somme exprimée en livres tournois.

Tableau des rapports des principales mesures étrangères (Angleterre, Allemagne, États-Unis d'Amérique) aux mesures de France. Une longueur, un poids, une somme d'argent étant rapportés aux unités en usage dans ces différents pays, les convertir en mètres ou en kilomètres, en grammes ou en kilogrammes, en francs.

Des rapports. Résolution des problèmes.

Notions générales sur les quantités qui varient dans le même rapport ou dans un rapport inverse. — Solution, par la méthode dite *de réduction à l'unité*, des questions les plus simples dans lesquelles on considère de telles quantités. — Faire ressortir l'homogénéité des résultats auxquels on arrive; en conclure la règle générale à suivre pour écrire immédiatement l'expression de la solution demandée (1).

Intérêts simples. — Formule générale dont la considération fournit la solution des questions qui se rapportent aux intérêts simples. — De l'escompte, tel qu'on le pratique dans le commerce.

Partager une somme en parties proportionnelles à des nombres donnés.

---

(1) Outre l'avantage qu'elles ont de permettre d'écrire immédiatement la formule qui donnera la valeur de l'inconnue, et de dispenser de reprendre, pour chaque question particulière, tout le détail de la réduction à l'unité, ce qui serait une faute, ces considérations sur l'homogénéité feront mieux saisir l'esprit de la méthode, comprendre le sens de la solution, et elles prépareront à l'emploi prochain des formules.

Les professeurs abandonneront, non-seulement ici, mais dans toutes les parties du cours, l'usage des exemples en nombres abstraits et celui des problèmes insignifiants, dans lesquels les données, posées au hasard, n'ont aucun rapport avec la réalité. Que les exemples et les exercices présentés aux élèves aient toujours pour objet des données qui se rencontrent dans les arts, dans l'industrie, dans la nature physique, dans le système du monde. Le sens précis des solutions en deviendra plus net; on soutiendra l'attention des élèves, qui acquerront ainsi, sans aucune peine, une foule de données exactes sur le monde qui les entoure, et dont l'utilité leur sera très-précieuse.

Des questions qui peuvent se résoudre par deux hypothèses arbitraires et successives, faites sur le résultat cherché (1).

Du carré et de la racine carrée. Du cube et de la racine cubique.

Formation du carré et du cube de la somme de deux nombres. — Règles pour l'extraction de la racine carrée et de la racine cubique d'un nombre entier. — Si cette racine n'est pas entière, elle ne peut être exprimée exactement par aucun nombre; elle est dite *incommensurable.*

Carré et cube d'une fraction. — Extraction de la racine carrée et de la racine cubique des fractions ordinaires.

Un nombre quelconque étant donné, soit directement, soit par une suite d'opérations qui permettent seulement d'approcher de sa valeur au moyen des décimales, extraire la racine carrée ou la racine cubique de ce nombre, à une unité près d'un ordre décimal donné (2).

Des proportions dites géométriques (3).

Dans toute proportion, le produit des extrêmes est égal au produit des moyens. — Proposition réciproque. — Connaissant trois termes d'une proportion, conclure le quatrième. — Moyenne géométrique de deux nombres. — Comment on peut intervertir l'ordre des termes dans une proportion sans la troubler.

Quand deux proportions ont un rapport commun, les deux autres rapports forment une proportion.

---

(1) On se propose ici pour but de donner aux élèves un premier exemple de l'emploi des hypothèses, qui constitue la méthode la plus féconde dont on fasse usage dans la pratique pour le calcul des valeurs des inconnues.

(2) La règle qui prescrit d'avoir, au carré, le double du nombre des chiffres décimaux qu'on veut avoir à la racine carrée, est, dans la plupart des cas, inapplicable. On déterminera l'approximation avec laquelle un nombre doit être calculé, pour qu'on puisse obtenir ensuite, à sa racine carrée, l'exactitude requise, au moyen de cette remarque que, lorsqu'un nombre N augmente d'une quantité δ, relativement très-petite, le carré augmente, à très-peu près, de $2\,N\,\delta$.

Il est nécessaire que les élèves sachent comment les règles relatives à l'extraction de la racine carrée s'étendent à l'extraction de la racine cubique; mais, tandis qu'on exercera les élèves sur l'extraction de la racine carrée, par de nombreux exemples, on devra s'en tenir presque à la seule théorie à l'égard de la racine cubique, dont les calculs sont trop longs quand on n'a pas recours à l'emploi des logarithmes.

(3) La théorie des proportions est nécessaire pour l'intelligence des ouvrages de géométrie, qui en font tous usage. Mais on se gardera d'appliquer cette théorie à la résolution des problèmes d'arithmétique. La méthode de réduction à l'unité offre sous leur vrai jour, d'une manière complete et avec simplicité, toutes les questions de rapports qui sont la base des solutions arithmétiques; en sorte que l'introduction ultérieure des proportions n'apprend rien de nouveau aux élèves, et n'a d'autre résultat, en ce qui concerne la solution des problèmes, que de présenter la même chose d'une manière plus compliquée.

On peut, dans une proportion, augmenter ou diminuer chaque antécédent de son conséquent sans qu'il cesse d'y avoir proportion.

Lorsqu'on multiplie les termes de plusieurs proportions les uns par les autres et par ordre, les quatre produits forment une nouvelle proportion. — Les puissances semblables ou les racines de même degré de quatre nombres en proportion forment une nouvelle proportion.

Dans une suite de rapports égaux, la somme d'un nombre quelconque d'antécédents et la somme de leurs conséquents sont encore dans le même rapport.

II. GÉOMÉTRIE.

DES FIGURES PLANES.

Mesure de la distance de deux points. — Deux droites finies étant données, trouver leur commune mesure ou au moins le rapport approché de l'une à l'autre.

Des angles. — Angles droit, aigu, obtus. — Les angles opposés par le sommet sont égaux.

Des triangles. — Angles et côtés. — Cas d'égalité les plus simples.

Problèmes élémentaires sur la construction des angles et des triangles.

Des droites perpendiculaires et des obliques.

De toutes les droites qu'on peut mener d'un point donné à une droite donnée, la perpendiculaire est la plus courte, et les obliques sont d'autant plus longues qu'elles s'écartent plus du pied de la perpendiculaire.

Propriétés du triangle isocèle. — Problèmes sur le tracé des perpendiculaires. — Division d'une droite, de longueur donnée, en deux parties égales.

Cas d'égalité des triangles rectangles.

Des droites parallèles.

Propriétés des angles formés par deux droites parallèles et par une sécante. — Réciproquement, lorsque ces propriétés ont lieu pour deux droites et une sécante commune, les deux droites sont parallèles (1). — Par un point donné, mener une droite

(1) On admettra, comme *postulatum*, qu'on ne peut, par un point donné, mener à une droite donnée qu'une seule parallèle.

parallèle à une droite donnée, ou qui la coupe sous un angle donné. — Égalite des angles qui ont les côtés parallèles et l'ouverture placée dans le même sens.

Somme des angles d'un triangle.

Les parties de parallèles interceptées entre parallèles sont égales et réciproquement.

Trois parallèles coupent toujours deux droites quelconques en parties proportionnelles. Le rapport de ces parties peut être incommensurable (1). — Conséquence relative au cas où une droite est menée, dans un triangle, parallèlement à l'un des côtés.

Trouver une quatrième proportionnelle à trois lignes données.

La droite, qui divise en deux parties égales l'un des angles d'un triangle, partage le côté opposé en deux segments proportionnels aux côtés adjacents.

Des triangles semblables.

Conditions de similitude.— Construire sur une droite donnée, un triangle semblable à un triangle donné.

Tant de droites qu'on voudra, menées par un même point et rencontrées par deux parallèles, sont coupées par ces parallèles, en parties proportionnelles, et les coupent aussi en parties proportionnelles. — Diviser une droite donnée de la même manière qu'une autre est divisée. — Division d'une droite en parties égales.

Si de l'angle droit d'un triangle rectangle on abaisse une perpendiculaire sur l'hypoténuse, 1° cette perpendiculaire partagera le triangle en deux autres qui lui seront semblables et qui le seront par conséquent entre eux ; 2° elle divisera l'hypoténuse en deux segments tels que chaque côté de l'angle droit sera moyen proportionnel entre le segment qui lui est adjacent et l'hypoténuse entière ; 3° la perpendiculaire sera moyenne proportionnelle entre les deux segments de l'hypoténuse.

Dans un triangle rectangle, le carré du nombre qui exprime la longueur de l'hypoténuse est égal à la somme des carrés des nombres qui expriment les longueurs des deux autres côtés (2).

Les trois côtés d'un triangle quelconque étant exprimés en nombres, si de l'extrémité de l'un de ces côtés on abaisse une perpendiculaire sur l'un des deux autres, le carré du premier sera égal à la somme des carrés des derniers, moins deux fois le produit du côté sur lequel tombe la perpendiculaire, par la distance de cette perpendiculaire à l'angle opposé au premier côté si cet angle est aigu, et plus deux fois le même produit si cet angle est obtus.

(1) L'extension de la propositioo au cas où le rapport est incommensurable se fera de la manière la plus simple, par la considération des limites.

(2) Toutes les fois qu'il se présentera des relations de ce genre entre les parties d'une figure géométrique, on en fera exécuter aux élèves des applications numériques, pour les préparer à celles des compositioos écrites, qui auront pour objet ces applications.

Des polygones.

Parallélogrammes. — Propriétés de leurs angles et de leurs diagonales.

Division des polygones en triangles. — Somme de leurs angles intérieurs. — Égalité et construction des polygones.

Polygones semblables. — Leur décomposition en triangles semblables. — Les droites semblablement placées dans l'un et dans l'autre polygone, sont proportionnelles aux côtés homologues des polygones. — Construire, sur une ligne donnée, un polygone semblable à un polygone donné. — Les contours de deux polygones semblables sont entre eux comme les côtés homologues de ces polygones.

De la ligne droite et de la circonférence du cercle.

Égalité simultanée des arcs et des cordes dans un même cercle. — Le plus grand arc a la plus grande corde, et réciproquement. — Deux arcs étant donnés dans un même cercle ou dans des cercles égaux, trouver le rapport de leurs longueurs.

Toute droite élevée perpendiculairement sur le milieu d'une corde, passe par le centre du cercle et par le milieu de l'arc soustendu par cette corde. — Division d'un arc en deux parties égales. — Par trois points, qui ne sont pas en ligne droite, faire passer une circonférence de cercle.

La tangente à un point de la circonférence est perpendiculaire à l'extrémité du rayon mené par ce point.

Les arcs interceptés dans un même cercle entre deux cordes parallèles, ou entre une tangente et une corde parallèle, sont égaux.

Mesure des angles.

Si des sommets de deux angles on décrit deux arcs de cercle du même rayon, le rapport des arcs compris entre les côtés de chaque angle sera le même que celui de ces angles. — Division de la circonférence en degrés, minutes et secondes. — Usage du *rapporteur.*

Un angle ayant son sommet placé, 1° au centre d'un cercle; 2° sur la circonférence de ce cercle; 3° dans le cercle entre le centre et la circonférence; 4° en dehors du cercle, mais de manière que ses côtés coupent la circonférence, déterminer le rapport de cet angle à l'angle droit, par la considération de l'arc compris entre ses côtés (1).

D'un point donné hors d'un cercle, mener une tangente à ce cercle.

Décrire, sur une ligne donnée, un segment de cercle capable d'un angle donné.

(1) On ne devra donner aux élèves, et on n'admettra à l'examen, dans toutes les questions de ce genre, relatives à la mesure des angles, des surfaces et des volumes, que des énoncés dans lesquels l'homogénéité soit en évidence.

Lever des plans (1).

Tracé d'une ligne droite sur le terrain. — Mesure de cette ligne au moyen de la chaîne. — Lever au mètre.

Mesure des angles au moyen du graphomètre. — Description de cet instrument.

Tracé du plan sur le papier. — Échelle de réduction. — Usage de la règle, de l'équerre et du rapporteur.

Déterminer, avec ou sans graphomètre, la distance d'un objet inaccessible.

Trois points A, B, C étant situés sur un terrain uni et rapportés sur une carte, y retrouver le point P d'où les distances AB et AC ont été vues sous des angles qu'on a déterminés (2).

Du contact et de l'intersection des cercles.

Deux cercles qui passent par un même point de la droite qui joint leurs centres n'ont que ce point de commun, dans lequel ils se touchent; et réciproquement, si deux cercles se touchent, leurs centres et le point de contact sont en ligne droite.

Conditions qui doivent avoir lieu pour que deux cercles se coupent.

Propriétés des sécantes du cercle.

Deux sécantes qui partent d'un même point pris hors du cercle, étant prolongées jusqu'à la partie de la circonférence la plus éloignée de ce point, sont réciproquement proportionnelles à leurs parties extérieures. — La tangente est moyenne proportionnelle entre la sécante et sa partie extérieure.

Deux cordes qui se rencontrent dans un cercle se coupent en parties réciproquement proportionnelles. — La perpendiculaire élevée sur un diamètre et terminée à la circonférence est moyenne proportionnelle entre les deux segments du diamètre.

La corde, menée par l'extrémité du diamètre, est moyenne proportionnelle entre le diamètre et le segment formé par la perpendiculaire abaissée de l'autre extrémité de cette corde. — Trouver une moyenne proportionnelle entre deux lignes données.

Partager une ligne en moyenne et extrême raison. — La longueur de la ligne étant donnée en nombre, calculer la valeur numérique de chacun des segments.

Des polygones inscrits et circonscrits au cercle.

Inscrire ou circonscrire un cercle à un triangle donné.

---

(1) La théorie ne serait point ici suffisante. Les instruments seront mis entre les mains des élèves, qui relèveront eux-mêmes, sur le terrain, toutes les données nécessaires à la construction d'une carte d'une étendue convenable et faite à une échelle décimale. Le terrain devra être limité, dans une de ses parties, par une courbe non définie géométriquement. Les triangles de construction seront numérotés, et leurs données inscrites dans les angles de la carte, sous forme de légende.

(2) On reprendra la carte déjà construite, et on en déterminera un nouveau point par cette méthode.

Tout polygone régulier peut être inscrit et circonscrit au cercle.

Un polygone régulier étant inscrit à un cercle, 1° inscrire dans le même cercle un polygone d'un nombre de côtés double de celui des côtés du premier, et trouver la valeur de l'un des côtés du second; 2° circonscrire au cercle un polygone régulier du même nombre de côtés, et exprimer le côté du polygone régulier circonscrit au moyen du côté du polygone inscrit correspondant.

Inscrire dans un cercle les polygones de 4, 8, 16, 32..... côtés.

Inscrire dans un cercle les polygones de 3, 6, 12, 24, 48..... côtés.

Inscrire dans un cercle les polygones de 5, 10, 20, 40..... côtés.

Inscrire dans un cercle les polygones de 15, 30, 60..... côtés.

Les polygones réguliers d'un même nombre de côtés sont semblables, et leurs contours sont entre eux comme les rayons des cercles auxquels ils sont inscrits ou circonscrits. — Les circonférences des cercles sont entre elles comme leurs rayons (1).

Trouver le rapport approché de la circonférence au diamètre (2).

De l'aire des polygones et de celle du cercle.

Deux parallélogrammes de même base et de même hauteur sont équivalents. — Deux triangles qui ont même base et même hauteur sont équivalents.

L'aire d'un rectangle et celle d'un parallélogramme sont égales au produit de la base par la hauteur. — Ce qu'on doit entendre par cet énoncé (3). — L'aire d'un triangle est mesurée par la moitié du produit de la base par la hauteur.

Transformer un polygone quelconque en un carré équivalent. — Mesure de l'aire d'un polygone. — Mesure de l'aire d'un trapèze.

Le carré construit sur l'hypoténuse d'un triangle rectangle est équivalent à la somme des carrés construits sur les deux autres côtés. — Les carrés construits sur les deux côtés de l'angle droit d'un triangle rectangle et sur l'hypoténuse sont entre eux comme les segments adjacents et l'hypoténuse entière.

Les aires des polygones semblables sont entre elles comme les carrés des côtés homologues des polygones.

Notions sur l'arpentage. — Méthode de la décomposition en triangles. — Méthode

(1) Cette propriété des circonférences de cercle sera immédiatement déduite de celle des polygones semblables inscrits, par cette seule considération qu'une figure curviligne doit être regardée comme égale à un polygone d'un nombre infini de côtés. Il en sera de même pour les autres propriétés du cercle.

(2) L'élève calculera ce rapport avec quatre décimales au moins, et en faisant usage des logarithmes. La méthode dite *des isopérimètres* est recommandable par sa simplicité. Les calculs, mis dans un ordre convenable, seront placés sous les yeux des examinateurs, qui s'assureront, en réclamant quelques explications de l'élève, que le travail est bien de lui.

(3) On fera calculer aux élèves un certain nombre d'aires rapportées à des subdivisions et à des multiples de l'unité. On reviendra, à cette occasion, sur la partie du système métrique relative à la mesure des surfaces.

plus simple de la décomposition en trapèzes. — Équerre de l'arpenteur. — Solution pratique, lorsque le terrain est limité, dans une ou plusieurs de ses parties, par une ligne courbe (1).

L'aire d'un polygone régulier a pour mesure la moitié du produit de son contour par le rayon du cercle inscrit (2). — L'aire d'un cercle a pour mesure la moitié du produit de la circonférence par le rayon. — Les aires des cercles sont entre elles comme les carrés des rayons.

L'aire d'un secteur de cercle a pour mesure la moitié du produit de l'arc par le rayon. — Mesure de l'aire d'un segment.

DES PLANS ET DES CORPS TERMINÉS PAR DES SURFACES PLANES.

Conditions pour qu'une droite et un plan soient respectivement perpendiculaires.

De toutes les lignes qu'on peut mener d'un point donné à un plan donné, la perpendiculaire est la plus courte, et les obliques sont d'autant plus longues qu'elles s'écartent plus du pied de la perpendiculaire.

Droites et plans parallèles. — Les angles qui ont les côtés parallèles, et l'ouverture tournée dans le même sens, sont égaux, quoique situés dans des plans différents.

Angle dièdre. — Comment on mesure le rapport d'un angle dièdre quelconque à l'angle dièdre droit.

Plans perpendiculaires entre eux. — L'intersection de deux plans perpendiculaires à un troisième est perpendiculaire à ce dernier.

Plans parallèles. — Lorsque deux plans parallèles sont coupés par un troisième, les intersections sont parallèles entre elles. — Deux plans parallèles ont leurs perpendiculaires communes.

Plus courte distance de deux droites qui ne se coupent point, et ne sont point parallèles.

Deux droites comprises entre deux plans parallèles sont toujours coupées en parties proportionnelles par un troisième plan parallèle aux deux premiers.

Angle trièdre. — La somme de deux quelconques des angles plans qui composent un angle trièdre est toujours plus grande que le troisième.

---

(1) L'élève appliquera la méthode dite *des trapèzes* à l'évaluation de la surface du terrain, dont il a construit la carte à l'échelle. Ce terrain étant limité dans une de ses parties par une courbe irrégulière, le calcul de sa surface initiera les élèves à l'emploi des *quadratures* dont il est fait un continuel usage dans les services publics. L'ensemble de ces calculs sera disposé avec ordre dans l'une des parties de la carte.

(2) On étendra immédiatement cette propriété au cercle, comme il a été dit précédemment.

La somme des angles plans qui forment un angle polyèdre convexe, est toujours moindre que quatre angles droits.

Si deux angles trièdres sont formés des mêmes angles plans, les angles dièdres compris entre les angles plans égaux sont égaux. — Il peut y avoir égalité absolue ou simplement symétrie entre les deux trièdres.

Des polyèdres.

Si deux tétraèdres ont chacun un angle trièdre composé de triangles égaux et semblablement disposés, ces tétraèdres sont égaux; ils le sont encore si deux faces de l'un sont égales à deux faces de l'autre, assemblées de la même manière, et forment entre elles le même angle dièdre que celles-ci.

Lorsque les triangles qui forment deux angles trièdres homologues de deux tétraèdres, sont semblables, chacun à chacun, et semblablement disposés, ces tétraèdres sont semblables. Ils le sont encore si deux faces de l'un faisant entre elles le même angle que deux faces de l'autre, sont en outre semblables à celle-ci, et assemblées par des côtés et des sommets homologues.

Pyramides semblables. — En coupant une pyramide par un plan parallèle à sa base, on en retranche une pyramide qui lui est semblable. — Trouver la hauteur d'une pyramide lorsqu'on connaît les dimensions d'un tronc à bases parallèles.

Les sections faites à la même distance des sommets, dans deux pyramides quelconques sont dans un rapport constant.

Parallèlipipède. — Ses diagonales.

Un polyèdre quelconque peut toujours être partagé en pyramides triangulaires. — Deux corps composés d'un même nombre de pyramides triangulaires égales et semblablement disposées sont égaux.

Polyèdres semblables (1).

Les arêtes homologues des polyèdres semblables sont proportionnelles, ainsi que les

---

(1) Un système de points M, N, P,.... (formant soit des lignes, soit des surfaces, soit un ou plusieurs corps), étant situé d'une manière quelconque dans l'espace, si l'on prend un point S aussi quelconque (pouvant comme cas particulier être l'un de ceux du système); qu'on mène les droites SM, SN, SP,... et que sur ces droites, prolongées au besoin, on porte à partir du point S les distances SM', SN', SP',... proportionnelles à SM, SN, SP,..... et dirigées respectivement dans le même sens; les points M', N', P',..... ainsi obtenus formeront un système *semblable* au système M, N, P,... et *semblablement placé* par rapport au point S qui s'appelle *pôle commun de similitude*. Les points M', N', P',... sont respectivement les *homologues* des points M, N, P... Les droites, telles que M'N' et MN, qui joignent deux points d'un système et leurs homologues dans l'autre, sont des *droites homologues*. Enfin, deux plans passant, l'un par trois points d'un système, et l'autre par les trois points homologues du système semblable, sont *deux plans homologues*. Cela posé, on démontre: 1° que, dans deux systèmes semblables et semblablement placés, deux *droites homologues* quelconques sont parallèles, et que

diagonales des faces homologues et les diagonales intérieures aux polyèdres. — Les aires des polyèdres semblables sont entre elles comme les carrés des arêtes homologues.

Mesure des volumes.

Deux parallélipipèdes de même base et de même hauteur, sont équivalents en volume.

Si l'on forme sur la base d'un prisme triangulaire, un parallélogramme et que l'on élève sur ce parallélogramme, pris pour base, un parallélipipède de même hauteur que le prisme triangulaire, le volume de celui-ci sera la moitié du volume du parallélipipède. — Deux prismes triangulaires de même base et de même hauteur sont équivalents.

Deux tétraèdres de même base et de même hauteur sont équivalents.

Un tétraèdre est équivalent au tiers du prisme triangulaire de même base et de même hauteur.

Le volume d'un parallélipipède quelconque est égal au produit de sa base par sa hauteur. — Ce qu'on doit entendre par cet énoncé. — Le volume d'un prisme quelconque est égal au produit de sa base par sa hauteur (1).

Le volume d'un tétraèdre et celui d'une pyramide quelconque ont pour mesure le tiers du produit de la base par la hauteur.

Volume du prisme oblique triangulaire tronqué.

Les volumes de deux polyèdres semblables sont entre eux comme les cubes des arêtes homologues.

DES CORPS RONDS.

Du cône droit à base circulaire.

Sections parallèles à la base. — Ayant les dimensions d'un tronc de cône à bases parallèles, trouver la hauteur du cône entier.

L'aire d'un cône droit a pour mesure la moitié du produit de la circonférence du cercle qui lui sert de base par son côté. — Aire d'un tronc de cône droit à bases parallèles.

---

leurs longueurs sont entre elles dans le rapport des distances de deux points homologues quelconques au pôle commun; 2° que les plans homologues sont parallèles; 3° que les angles plans, dièdres ou polyèdres homologues, sont égaux. — Deux systèmes peuvent être semblables sans être semblablement placés; mais il faut pour cela qu'il soit possible d'en construire un troisième égal à l'un d'eux, et en même temps semblable à l'autre et semblablement placé par rapport à un pôle commun.

(1) On fera calculer aux élèves un grand nombre de volumes, rapportés au mètre et à ses subdivisions. On reviendra, à cette occasion, sur la partie du système métrique relative à la mesure des volumes.

Volume d'une pyramide inscrite au cône (1). — Le volume d'un cône a pour mesure le tiers du produit de l'aire de sa base par sa hauteur.

Quelles sont, parmi les propriétés précédentes, celles qui conviennent au cône à base quelconque ?

Du cylindre droit à base circulaire.

Sections parallèles à la base.

L'aire de la surface convexe du cylindre droit a pour mesure le produit de la circonférence de la base par la hauteur. — Cette mesure convient à l'aire de la surface convexe du cylindre droit à base quelconque.

Mesure du volume d'un prisme inscrit au cylindre. — Le volume d'un cylindre droit a pour mesure le produit de l'aire de la base par la hauteur. — Cette mesure convient au volume de tout cylindre droit ou oblique et à base quelconque.

De la sphère.

Toute section de la sphère, faite par un plan, est un cercle. — Grands cercles, petits cercles.

Dans tout triangle sphérique, un côté quelconque est plus petit que la somme des deux autres. Le plus court chemin d'un point à un autre, sur la surface de la sphère, est l'arc de grand cercle qui joint les deux points donnés.

La somme des côtés d'un triangle sphérique, ou de tout polygone sphérique, est moindre que la circonférence d'un grand cercle.

Pôles d'un arc de grand cercle ou de petit cercle. — Ils servent à tracer des arcs de cercle sur la sphère.

Tout plan perpendiculaire à l'extrémité d'un rayon est tangent à la sphère.

Mesure de l'angle de deux arcs de grands cercles.

Propriétés du triangle polaire ou supplémentaire.

Deux triangles sphériques situés sur la même sphère, ou sur des sphères égales, sont égaux dans toutes leurs parties, 1° lorsqu'ils ont un angle égal compris entre côtés égaux, chacun à chacun ; 2° lorsqu'ils ont un côté égal adjacent à deux angles égaux, chacun à chacun ; 3° lorsqu'ils sont équilatéraux entre eux ; 4° lorsqu'ils sont équiangles entre eux. Dans ces différents cas, les triangles peuvent être égaux ou simplement symétriques.

La somme des angles de tout triangle sphérique est moindre que six et plus grande que deux angles droits.

---

(1) On en conclura immédiatement, ainsi que dans les autres questions analogues, le volume du cône ; et on fera remarquer que la démonstration convient au volume du cône à base fermée, quelle que soit d'ailleurs la figure de cette base.

Le fuseau est à la surface de la sphère comme l'angle de ce fuseau est à quatre angles droits.

Deux triangles sphériques symétriques sont équivalents en surface.

L'aire d'un triangle sphérique est à celle de la sphère entière comme l'excès de la somme de ses angles sur deux angles droits est à huit angles droits.

Lorsqu'une portion de polygone régulier, inscrite au cercle générateur de la sphère, tourne autour du diamètre de ce cercle, l'aire convexe engendrée a pour mesure le produit de sa hauteur par la circonférence du cercle inscrit au polygone générateur. — Le volume du secteur polygonal correspondant a pour mesure l'aire ainsi décrite, multipliée par le tiers du rayon du cercle inscrit.

La surface d'une zone sphérique est égale à la hauteur de cette zone, multipliée par la circonférence d'un grand cercle (1). — La surface de la sphère est quadruple de celle d'un grand cercle.

Tout secteur sphérique a pour mesure la zone qui lui sert de base, multipliée par le tiers du rayon; la sphère entière a pour mesure sa surface multipliée par le tiers du rayon (2).

III. ALGÈBRE.

Calcul algébrique (3).

Addition et soustraction des polynomes. — Réduction des termes semblables.

Multiplication des monomes. — Emploi des exposants. — Multiplication des polynomes. — Règle des signes. — Ordonner un polynome. — Polynomes homogènes.

Division des monomes. Exposant *zéro*. — Division des polynomes. Comment on reconnaît si l'opération ne peut se terminer. — Division des polynomes lorsque le dividende contient une lettre qui ne se trouve pas dans le diviseur.

---

(1) Les propositions relatives à la sphère seront considérées comme des conséquences immédiates des deux précédentes.

(2) Des exemples numériques de l'évaluation des aires et des volumes des corps ronds, y compris l'aire d'un triangle sphérique, formeront une feuille de calcul qui sera présentée aux examinateurs. On exécutera ces calculs au moyen des logarithmes.

(3) On se gardera de considérer les quantités négatives dès le début, dans le calcul algébrique. Les quantités négatives et leurs propriétés ne seront introduites qu'à mesure que la résolution des questions, au moyen des équations, en fera sentir la nécessité, soit pour généraliser les règles du calcul, soit pour étendre le sens des formules auxquelles il conduit.

Équations du premier degré.

Résolution des équations numériques du premier degré à une ou plusieurs inconnues, par la méthode dite de *substitution* (1). — Vérification des valeurs trouvées pour les inconnues et de leur degré d'exactitude.

Des cas d'impossibilité ou d'indétermination.

Interprétation des valeurs négatives. — Usage et calcul des quantités négatives.

Recherche des formules générales propres à donner les valeurs des inconnues d'un système d'équations du premier degré à deux ou à trois inconnues (2). — Méthode de Bezout. — Discussion complète de ces formules pour le cas de deux inconnues. — Symboles $\frac{m}{0}$ et $\frac{0}{0}$.

Discussion de trois équations à trois inconnues, dans lesquelles les termes indépendants des inconnues sont nuls (3).

Équations du second degré à une inconnue.

Calcul des radicaux du second degré.

Résolution d'une équation du second degré à une inconnue. — Double solution. — Valeurs imaginaires.

Lorsque dans l'équation $ax^2 + bx + c = 0$, a converge vers 0, une des racines croît indéfiniment. — Calcul numérique des deux racines, lorsque a est très-petit.

Décomposition du trinome $x^2 + px + q$ en facteurs du premier degré. — Relations entre les coefficients et les racines de l'équation $x^2 + px + q = 0$.

Équations trinomes réductibles au second degré.

Des maxima et des minima qui peuvent se déterminer par des équations du second degré.

---

(1) La méthode dite de *comparaison*, telle qu'on l'enseigne, n'est autre chose que la méthode de *substitution*, appliquée aux équations mises sous une forme qui, dans la plupart des cas, conduirait à des calculs longs et à des résultats inexacts. Dans la pratique, les coefficients des inconnues sont, en général, donnés avec un grand nombre de figures et très-différents entre eux; cela nécessite, comme l'a remarqué Lagrange, qu'on conduise l'élimination avec des précautions qui ne peuvent être facilement observées dans la méthode dite de *comparaison*. On fera sentir aux élèves la nécessité de ces précautions en leur donnant à résoudre, par la méthode de *substitution*, un système de quatre équations à quatre inconnues, dont les coefficients, comprenant des décimales, seront très-différents entre eux. Le calcul sera fait, après l'étude des logarithmes, avec toute l'exactitude que comportent les tables. La vérification des valeurs des inconnues et de leur degré d'exactitude s'obtiendra par leur substitution dans les équations primitives. L'ensemble de ces calculs sera placé sous les yeux des examinateurs.

(2) L'extension de ces formules à un nombre d'équations et d'inconnues supérieur à trois ne pourra point être traitée à l'examen.

(3) Cette discussion sera donnée directement, par cette considération simple, que le système ne renferme alors que deux inconnues, savoir : les rapports de x et y, par exemple, à z.

Calcul des valeurs *arithmétiques* des radicaux (1).
Exposants fractionnaires. — Exposants négatifs.

Des séries.

Progressions géométriques. — Sommation des termes.

Ce qu'on appelle série. — Convergence et divergence.

Une progression géométrique est convergente quand la raison est plus petite que l'unité; divergente si elle est plus grande.

Les termes d'une série peuvent décroître indéfiniment sans que la série soit convergente.

Une série, dont tous les termes sont positifs, est convergente lorsque le rapport d'un terme au précédent tend vers une *limite* plus petite que l'unité, à mesure que l'indice du rang de ce terme augmente indéfiniment. — La série est divergente, quand cette *limite* est plus grande que l'unité. Il y a doute, quand elle est égale à l'unité.

En général, lorsque les termes d'une série décroissent indéfiniment, et sont alternativement positifs et négatifs, la série est convergente.

Combinaisons, arrangements, permutations de m lettres, lorsque chaque combinaison ne doit pas contenir deux fois la même lettre.

Développement des puissances entières et positives d'un binôme. — Terme général.

Développement de $(a+b\sqrt{-1})^m$.

Limite vers laquelle tend $\left(1+\frac{1}{m}\right)^m$ quand m croît indéfiniment.

Sommation des piles de boulets.

Des logarithmes et de leurs usages.

En formant toutes les puissances d'un nombre quelconque positif, plus grand ou plus petit que *un*, on peut reproduire tous les nombres.

Propriétés générales des logarithmes.

Lorsque des nombres sont en progression géométrique, leurs logarithmes sont en progression arithmétique.

Comment on passe d'un système de logarithmes à un autre système.

Calcul des logarithmes au moyen de la série qui donne le logarithme de $n+1$.

(1) Il ne sera fait, dans les examens, aucune question relative à la théorie du calcul algébrique des quantités imaginaires, donnée *à priori*, non plus qu'au calcul des valeurs algébriques des radicaux.

quand on connait celui de n. — Calcul des logarithmes Népériens. — En déduire ceux de Briggs. Module (1).

Usage des logarithmes dont la base est 10. — Caractéristiques. — Caractéristiques négatives. Il n'est fait aucun usage, dans les calculs, de logarithmes entièrement négatifs.

Un nombre étant donné, trouver son logarithme dans les tables de Callet. Un logarithme étant donné, trouver le nombre auquel il appartient. — Usage des parties proportionnelles. — Elles peuvent servir à apprécier l'exactitude dont on peut répondre.

Emploi de la règle à calcul (2).

Résolution des équations exponentielles au moyen des logarithmes.

Intérêts composés. Annuités.

Fonctions dérivées.

Développement d'une fonction entière F $(x+h)$ du binôme $(x+h)$. — Dériyée d'une fonction entière. — Revenir de la dérivée à la fonction.

La dérivée d'une fonction de x est la limite vers laquelle tend le rapport de l'accroissement de la fonction à l'accroissement h de la variable, à mesure que h tend vers zéro.

Dérivées des fonctions trigonométriques.

Dérivées des exponentielles et des logarithmes.

Règles pour trouver la dérivée d'une somme, d'un produit, d'une puissance, d'un quotient de fonctions de x, dont les dérivées sont connues.

De la résolution numérique des équations.

Changements qu'éprouve une fonction entière $f(x)$ quand x varie d'une manière continue. — Lorsque deux nombre a et b substitués dans une fonction entière $f(x)$ donnent des résultats de signes contraires, l'équation $f(x) = 0$ a au moins une racine réelle comprise entre a et b. Cette propriété subsiste pour toute espèce de fonction, dès qu'elle reste continue pour toutes les valeurs de x comprises entre a et b (3).

---

(1) Le caractère essentiel d'une méthode de calcul, c'est d'être réellement applicable. La détermination des logarithmes au moyen des fractions continues étant absolument impossible, *on induisait les élèves en erreur* en leur présentant ainsi ce calcul. Les logarithmes s'obtiennent, au contraire, avec la plus grande facilité au moyen de la série qui donne le logarithme de $n+1$, quand on a celui de n. Pour exercer les élèves aux calculs des séries, on leur fera déterminer les logarithmes décimaux des nombres, depuis 1 jusqu'à 10, depuis 101 jusqu'à 110 et depuis 10.001 jusqu'à 10.010. Ces calculs seront placés sous les yeux des examinateurs.

(2) Il ne suffirait pas de donner aux élèves la théorie de la règle à calcul. L'usage de ce petit instrument devra leur être familier, afin qu'ils puissent exécuter rapidement, devant l'examinateur, quelques calculs avec le degré d'exactitude qu'on peut ainsi obtenir.

(3) On doit se préoccuper des équations transcendantes, qui, dans les applications, sont plus communes que les équations algébriques.

Une équation algébrique de degré impair a au moins une racine réelle. — Une équation algébrique de degré pair, dont le dernier terme est négatif, a au moins deux racines réelles.

Toute équation $f(x)=o$, à coefficients réels ou imaginaires de la forme $a+b\sqrt{-1}$, admet une racine réelle ou imaginaire de la même forme. — *Nota.* On ne demande que l'énoncé de ce théorème. La démonstration ne sera point présentée à l'examen.

Si a est racine d'une équation algébrique, le premier membre est divisible par $x-a$. Une équation algébrique du degré m a toujours m racines réelles ou imaginaires, et elle ne peut en admettre davantage. — Décomposition du premier membre en facteurs du premier degré. Relations entre les coefficients d'une équation algébrique et les racines.

Lorsqu'une équation algébrique, dont les coefficients sont réels, admet une racine imaginaire de la forme $a+b\sqrt{-1}$, elle a aussi pour racine l'expression conjuguée $a-b\sqrt{-1}$.

Dans une équation algébrique, complète ou incomplète, le nombre des racines positives ne peut pas surpasser le nombre des variations; conséquence, pour les racines négatives (1).

Recherche du produit des facteurs du premier degré communs à deux fonctions entières de x. — Détermination des racines communes à deux équations, dont les premiers membres sont des fonctions entières de l'inconnue.

A quel caractère on reconnaît qu'une équation algébrique a des racines égales. — Comment on ramène alors sa résolution à celle de plusieurs autres de degré moindre, et dont les racines sont inégales.

Recherche des racines commensurables d'une équation algébrique à coefficients entiers.

Quand on substitue une suite de nombres équidistants dans une fonction entière du degré m, et qu'on forme les différences des divers ordres entre les résultats, les différences de l'ordre m sont constantes.

Application à la séparation des racines d'une équation du troisième degré (2). — Ayant les résultats de la substitution de -1, o et $+1$, on peut en déduire, au moyen des différences, ceux de tous les autres nombres entiers, positifs ou négatifs. — La

(1) On se bornera strictement à la démonstration de cet énoncé du théorème de Descartes.

(2) Si l'on voulait donner aux élèves un exemple relatif à une équation de degré plus élevé, on prendrait l'équation du cinquième degré qui se rencontre dans la détermination du diamètre des conduites d'eau cylindriques; en ayant soin d'expliquer, d'une manière nette, le sens de chacune des quantités qui entrent dans cette équation.

marche du calcul conduit, d'elle-même, aux limites des racines. — Représentation graphique de cette méthode.

Substitution, entre deux nombres entiers consécutifs, là où l'inspection des premiers résultats en fait sentir la nécessité, soit pour séparer les racines, soit pour en approcher, de nombres équidistants *d'un dixième.* — Cette substitution s'effectue simplement au moyen de nouvelles différences, déduites des précédentes (1).

Comment on reconnaît, en continuant l'approximation d'une racine, à quel moment la considération de la différence première suffit, pour donner cette racine, par une simple proportion, avec toute l'exactitude désirable.

La marche précédente devient applicable à la recherche des racines d'une équation transcendante $X = 0$, lorsqu'on a substitué dans le premier membre des nombres équidistants et assez voisins pour que les différences des résultats puissent être considérées comme constantes à partir d'un certain ordre. — Formules d'interpolation.

Ayant obtenu, avec un certain degré d'approximation, une racine d'une équation algébrique ou transcendante, en approcher davantage par la méthode de Newton (2).

Résolution de deux équations numériques du second degré à deux inconnues.

Décomposition des fractions rationnelles en fractions simples.

IV. TRIGONOMÉTRIE.

Trigonométrie rectiligne.

Lignes trigonométriques. — On ne considère que les rapports des lignes trigonométriques au rayon. — Relations des lignes trigonométriques d'un même angle. — Expressions du sinus et du cosinus en fonctions de la tangente.

Connaissant les sinus et les cosinus de deux arcs a et b, trouver le sinus et le cosinus de leur somme et de leur différence. — Trouver la tangente de la somme ou de la différence de deux arcs, quand on connaît les tangentes de ces deux arcs.

Expressions de $\sin. 2a$ et $\sin. 3a$; $\cos. 2a$ et $\cos. 3a$; $\tang. 2a$ et $\tang. 3a$.

Connaissant $\sin. a$ ou $\cos. a$, calculer $\sin. \frac{1}{2} a$ et $\cos. \frac{1}{2} a$;

---

(1) Cette marche réunit le double avantage de fournir des calculs très-rapides et dans lesquels aucune erreur n'est possible.

(2) L'élève exécutera par ces méthodes, et placera sous les yeux des examinateurs, le calcul d'une racine incommensurable d'une équation numérique du troisième degré, ou d'une équation transcendante.

Connaissant tang. a, calculer tang. $\frac{1}{2}a$;

Connaissant sin. a, calculer sin. $\frac{1}{2}a$. — Connaissant cos. a, calculer cos. $\frac{1}{2}a$.

Usage de la formule cos. $p+\cos. q = 2 \cos. \frac{1}{2}(p+q) \cos. \frac{1}{2}(p-q)$, pour rendre calculable par logarithmes, la somme de deux lignes trigonométriques, sinus ou cosinus. — Rendre calculable par logarithmes, la somme de deux tangentes.

Construction des tables trigonométriques.

Usage détaillé des tables sexagésimales de Callet.— Appréciation, au moyen des parties proportionnelles, de l'exactitude fournie par les tables trigonométriques, dans le calcul des angles. — Les formules qui donnent les angles par le moyen de la tangente sont les seules qui aient, dans tous les cas, toute l'exactitude désirable.

Résolution des triangles.

Relations entre les angles et les côtés d'un triangle rectangle ou d'un triangle quelconque. — Quand on donne les trois angles du triangle, ces relations ne déterminent que les rapports des côtés.

Résolution des triangles rectangles. — Du cas où l'on donne l'hypoténuse et un côté qui diffèrent peu l'un de l'autre.

Connaissant un côté a et deux angles d'un triangle quelconque, trouver les autres parties, ainsi que la surface du triangle.

Connaissant, dans un triangle, les deux côtés a et b avec l'angle compris C, trouver les autres parties, ainsi que la surface du triangle.—On peut déterminer tang. $\frac{1}{2}$(A—B), ou bien déterminer directement tang. A et tang. B.

Connaissant les trois côtés a, b, c, trouver les angles et la surface du triangle. — Emploi de la formule qui donne tang. $\frac{1}{2}$ A.

Application au lever des plans.

Mesure des bases (1).

Mesure des angles. — Description et emploi du cercle. — Usage de la lunette pour rendre la ligne de visée plus précise. — Division du cercle. — Verniers (2).

Mesure et calcul d'un réseau de triangles. — Réduction des angles au centre des stations (3).

Comment on rattache les points secondaires au réseau principal. — Usages de la planchette et de la boussole (4).

---

(1) On enseignera aux élèves à mesurer une base avec précision, au moyen des règles.

(2) Le *graphomètre* suffisait quand on ne pouvait recourir, pour comparer les résultats, qu'à des procédés graphiques. Dès que la trigonométrie fournit pour cet objet des méthodes rigoureuses, il est nécessaire de donner à la mesure des angles toute la rigueur possible.

(3) On insistera sur la marche à suivre dans le calcul, et l'on en donnera un exemple aux élèves.

(4) Tous ces instruments devront être mis entre les mains des élèves.

Trigonométrie sphérique.

Relations fondamentales, cos. $a =$ cos. b cos. $c +$ sin. b sin. c cos. A, entre les côtés et les angles d'un triangle sphérique.

On en déduit les relations sin. A : sin. B $=$ sin. a : sin. b; cot. a sin. $b -$ cot. A sin. C $=$ cos. b cos. C, et par la considération du triangle supplémentaire............ cos. A. $= -$ cos. B cos. C $+$ sin. B sin. C cos. a.

Triangles rectangles.— Formules cos. $a =$ cos. b cos. c; sin. $b =$ sin. a sin. B; tang. c $=$ tang. a cos. B, et tang. $b =$ sin. c tang. B(1).

Dans un triangle rectangle les trois côtés sont moindres que 90°, ou bien deux des côtés sont plus grands que 90°, et le troisième est moindre. Un angle et le côté opposé sont tous deux moindres que 90°, ou tous deux plus grands.

Résolution des triangles quelconques :

1° Étant donnés leurs trois côtés a, b, c, ou leurs trois angles A, B, C. — Formules tang. $\frac{1}{2}a$, et tang. $\frac{1}{2}$A, calculables par logarithmes :

2° Étant donnés deux côtés et l'angle compris, ou deux angles et le côté compris. — Formules de Delambre :

3° Étant donnés deux côtés et un angle opposé à l'un d'eux, ou deux angles et un côté opposé à l'un d'eux. Emploi d'un angle auxiliaire pour rendre les formules calculables par logarithmes (2).

Applications. — Lever d'un pays de montagnes. — Réduction de la base et des angles à l'horizon. — Détermination des différences de niveau.

Connaissant les latitudes et les longitudes de deux points du globe, trouver la distance de ces points.

V. GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE.

Géométrie à deux dimensions.

Coordonnées rectilignes. Position d'un point sur un plan.

(1) Ces quatre formules sont celles dont on fait continuellement usage.

(2) La marche que nous indiquons pour résoudre chacun de ces trois cas est celle que la pratique a consacrée, comme étant la plus commode. La discussion des cas douteux ne sera pas demandée : on n'en rencontre jamais.

Représentation des lieux géométriques par des équations.

Homogénéité des équations et des formules (1). — Construction des expressions algébriques.

Transformation des coordonnées rectilignes (2).

Construction des équations du premier degré. — Problèmes sur la ligne droite.

Construction des équations du second degré. — Division en trois genres des courbes qu'elles représentent.—Réduction de l'équation à la forme la plus simple, par le changement des coordonnées (3).

Problème des tangentes. — Le coefficient d'inclinaison, sur l'axe des abscisses, de la tangente à la courbe, est égal à la dérivée de l'ordonnée par rapport à l'abscisse (4).

De l'ellipse.

Centre et axes. — Les carrés des ordonnées perpendiculaires à l'un des axes sont entre eux comme les produits des segments correspondants formés sur cet axe.

Les ordonnées perpendiculaires au grand axe sont aux ordonnées correspondantes du cercle décrit sur cet axe, comme diamètre, dans le rapport constant du petit axe au grand. — Construction de la courbe par points, au moyen de cette propriété.

Foyers, excentricité de l'ellipse (5). — La somme des rayons vecteurs menés à un point quelconque de l'ellipse est constante et égale au grand axe. — Description de l'ellipse au moyen de cette propriété.

Directrices. — Les distances de chaque point de l'ellipse à l'un des foyers et à la directrice voisine de ce foyer, sont entre elles comme l'excentricité est au grand axe.

Équations de la tangente et de la normale en un point de l'ellipse (6). — Le point où la tangente rencontre un des axes prolongés est indépendant de la grandeur de l'autre

---

(1) Cette propriété importante demande à être donnée avec netteté et simplicité.

(2) Quelques applications numériques sont indispensables pour bien faire saisir aux élèves le sens des formules.

(3) Les élèves appliqueront ces réductions à une équation numérique du second degré et détermineront la situation des nouveaux axes par rapport aux anciens, au moyen des tables trigonométriques. Les calculs complets de cette réduction et le tracé des deux systèmes d'axes et de la courbe seront mis sous les yeux de l'examinateur.

(4) On fera usage de cette propriété, qui convient à toutes les courbes, pour simplifier la recherche de la tangente aux courbes du second degré, et, plus tard, pour discuter plus commodément et avec plus de sûreté, quelques autres courbes du genre de celles qu'on rencontre le plus fréquemment dans les applications.

(5) Les propriétés des foyers et des directrices seront établies directement pour chacune des trois courbes du second degré, au moyen des équations les plus simples de ces courbes, et sans aucune considération des propriétés analytiques des foyers, par rapport à l'équation générale du second degré. A plus forte raison, se dispensera-t-on d'examiner si des courbes de degré supérieur ont des foyers, question dont le sens n'est même pas bien défini.

(6) On les déduira de la propriété, démontrée, de la dérivée de l'ordonnée par rapport à l'abscisse.

axe. — Construction de la tangente en un point de l'ellipse, au moyen de cette propriété.

Les rayons vecteurs, menés des foyers en un point de l'ellipse, font avec la tangente en ce point, et d'un même côté de cette ligne, des angles égaux. — La normale divise en deux parties égales l'angle des rayons vecteurs. — Cette propriété peut servir à mener une tangente à l'ellipse par un point pris sur la courbe ou par un point extérieur.

Les diamètres de l'ellipse sont des lignes droites passant par le centre de la courbe. — Les cordes qu'un diamètre divise en parties égales sont parallèles à la tangente menée par l'extrémité de ce diamètre. — Cordes supplémentaires. On peut, par leur moyen, mener une tangente à l'ellipse par un point donné sur la courbe ou parallèlement à une droite donnée.

Diamètres conjugués. — Deux diamètres conjugués sont toujours parallèles à des cordes supplémentaires, et réciproquement. — Limite de l'angle de deux diamètres conjugués. — Il y a toujours dans une ellipse, deux diamètres conjugués égaux entre eux. — La somme des carrés de deux diamètres conjugués est constante. — L'aire du parallélogramme construit sur deux diamètres conjugués est constante. — Construire une ellipse, connaissant deux diamètres conjugués et l'angle qu'ils font entre eux.

Expression de l'aire de l'ellipse en fonction de ses axes.

De l'hyperbole.

Centre et axes. — Rapport des carrés des ordonnées perpendiculaires à l'axe transverse.

Des foyers et des directrices; de la tangente et de la normale; des diamètres et des cordes supplémentaires. — Propriétés de ces points et de ces lignes, analogues à celles dont elles jouissent dans l'ellipse.

Asymptotes de l'hyperbole. — Les asymptotes coïncident avec les diagonales du parallélogramme formé sur deux diamètres conjugués quelconques. — Les portions d'une sécante comprises entre l'hyperbole et ses asymptotes sont égales entre elles. — Application à la tangente et à sa construction.

Le rectangle des parties d'une sécante, comprises entre un point de la courbe et les asymptotes, est égal au carré de la moitié du diamètre auquel la sécante est parallèle.

Forme de l'équation de l'hyperbole rapportée à ses asymptotes.

De la parabole.

Axe de la parabole. — Rapport des carrés des ordonnées perpendiculaires à l'axe.

Foyer et directrice de la parabole. — Chacun des points de la courbe est également éloigné du foyer et de la directrice. — Construction de la parabole.

La parabole peut être considérée comme une ellipse dans laquelle le grand axe augmente indéfiniment, tandis que la distance du foyer au sommet voisin reste constante.

Équations de la tangente et de la normale. — Sous-tangente et sous-normale. Elles fournissent des moyens de mener la tangente en un point de la courbe.

La tangente fait des angles égaux avec l'axe et avec le rayon vecteur mené au point de contact. — Mener, au moyen de cette propriété, une tangente à la parabole, 1° par un point situé sur la courbe; 2° par un point extérieur.

Tous les diamètres de la parabole sont des droites parallèles à l'axe et réciproquement. — Les cordes qu'un diamètre divise en deux parties égales sont parallèles à la tangente menée à l'extrémité de ce diamètre.

Expression de l'aire d'un segment parabolique (1).

Coordonnées polaires. — Passer d'un système de coordonnées rectilignes et rectangulaires à un système de coordonnées polaires, et réciproquement (2).

Équations polaires des trois courbes du second ordre, le pôle étant situé à un foyer, et les angles étant comptés à partir de l'axe qui passe par ce foyer.

Discussion sommaire de quelques courbes transcendantes. — Détermination de la tangente en un de leurs points.

Construction des racines réelles des équations de forme quelconque à une inconnue. — Recherche des intersections de deux courbes du second degré (3).

GÉOMÉTRIE À TROIS DIMENSIONS.

La somme des projections de plusieurs droites consécutives sur un axe, est égale à la projection de la ligne résultante. — La somme des carrés des projections d'une droite sur trois axes rectangulaires est égale au carré de cette droite. — La somme des carrés des cosinus des angles qu'une droite fait avec trois droites rectangulaires est égale à l'unité.

La projection d'une aire plane sur un plan est égale au produit de cette aire par le cosinus de l'angle des deux plans.

Représentation d'un point par ses coordonnées. — Équations des lignes et des surfaces.

---

(1) Les propriétés des courbes du second degré sont fort nombreuses. On se bornera à celles énoncées au programme, que l'usage a consacrées, et qui sont effectivement les plus utiles.

(2) Quelques applications numériques seront indispensables à l'intelligence du mécanisme de ces formules.

(3) Cette dernière question correspond à la détermination approchée des solutions communes à deux équations à deux inconnues. On pourra montrer, à cette occasion, comment on peut souvent, par des approximations successives, déterminer les inconnues avec autant d'exactitude qu'on le veut, sans recourir à l'élimination.

Transformation des coordonnées rectilignes (1).

De la ligne droite et du plan.

Équations de la ligne droite. — Équation du plan.

Trouver les équations d'une droite, 1° qui passe par deux points donnés, 2° qui passe par un point donné et qui soit parallèle à une ligne donnée.

Déterminer le point d'intersection de deux droites dont on connaît les équations.

Faire passer un plan, 1° par trois points donnés, 2° par un point donné parallèlement à un plan donné, 3° par un point et par une droite donnés.

Connaissant les équations de deux plans, trouver les projections de leur intersection.

Trouver l'intersection d'une droite et d'un plan dont on connait les équations.

Connaissant les coordonnées de deux points, trouver leur distance.

D'un point donné abaisser une perpendiculaire sur un plan; trouver le pied et la grandeur de la perpendiculaire (coordonnées rectangulaires).

Mener, par un point donné, un plan perpendiculaire à une droite donnée (coordonnées rectangulaires).

Mener, par un point donné, une perpendiculaire à une droite donnée; déterminer le pied et la grandeur de cette perpendiculaire (coordonnées rectangulaires).

Connaissant les équations d'une droite, déterminer les angles de cette droite avec les axes des coordonnées (coordonnées rectangulaires).

Trouver l'angle de deux droites dont on connaît les équations (coordonnées rectangulaires).

Connaissant l'équation d'un plan, trouver les angles qu'il fait avec les plans coordonnés (coordonnées rectangulaires).

Déterminer l'angle de deux plans (coordonnées rectangulaires).

Trouver l'angle d'une droite et d'un plan (coordonnées rectangulaires) (2).

Surfaces du second degré.

Elles se divisent en deux classes : les unes ont un centre, les autres en sont dépourvues. Coordonnées du centré.

Des plans diamétraux.

---

(1) On ne demandera à l'examen qu'un exposé succinct de la méthode. Il ne sera fait aucune question sur les développements accessoires qui s'y rattachent, et notamment sur les relations qui lient entre eux les coefficients des coordonnées.

(2) On ne demandera pas la détermination de la plus courte distance de deux droites.

Simplification de l'équation générale du second degré par la transformation des coordonnées.

Nota. L'examen ne portera pas sur cette dernière question.

Équations les plus simples de l'ellipsoïde, de l'hyperboloïde à une et à deux nappes, des paraboloïdes elliptique et hyperbolique, du cône et des cylindres du second ordre.

Nature des sections planes des surfaces du second ordre. — Sections planes du cône et du cylindre droit à base circulaire. — Section anti-parallèle du cône oblique à base circulaire.

Cône asymptote d'un hyperboloïde.

Sections rectilignes de l'hyperboloïde à une nappe (1). — On peut mener deux droites sur l'hyperboloïde à une nappe par chacun de ses points, d'où résultent deux systèmes de génératrices rectilignes de l'hyperboloïde. — Deux droites prises dans un même système ne se rencontrent pas, et deux droites de systèmes différents se rencontrent toujours. — Toutes les droites situées sur l'hyperboloïde étant transportées au centre, parallèlement à elles-mêmes, s'appliquent exactement sur le cône asymptote. — Trois droites d'un même système ne sont jamais parallèles à un même plan. — L'hyperboloïde à une nappe peut être engendré par une droite qui se meut le long de trois droites fixes, non parallèles à un même plan ; et, réciproquement, lorsqu'une ligne droite glisse sur trois droites fixes, non parallèles à un même plan, elle engendre un hyperboloïde à une nappe.

Sections rectilignes du paraboloïde hyperbolique. — On peut tracer, sur la surface du paraboloïde hyperbolique, deux droites par chacun de ses points, d'où résulte la génération du paraboloïde par deux systèmes de droites. — Deux droites d'un même système ne se rencontrent pas, mais deux droites de systèmes différents se rencontrent toujours. — Toutes les droites d'un même système sont parallèles à un même plan. — Le paraboloïde hyperbolique peut être engendré par le mouvement d'une droite qui glisse sur trois droites fixes parallèles à un même plan; ou bien par une droite qui glisse sur deux droites fixes, en restant toujours parallèle à un plan donné. Réciproquement, toute surface résultant de l'un de ces deux modes de génération est un paraboloïde hyperbolique.

Équations générales des surfaces coniques et des surfaces cylindriques.

---

(1) Les propriétés des surfaces réglées étant précieuses dans les applications, on insistera sur les sections rectilignes des surfaces du second ordre.

VI. GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE.

Problèmes relatifs au point, à la droite et au plan (1).

Par un point donné dans l'espace, mener une droite parallèle à une droite donnée, et trouver la grandeur d'une partie de cette droite.

Par un point donné, mener un plan parallèle à un plan donné.

Construire le plan qui passe par trois points donnés dans l'espace.

Deux plans étant donnés, trouver les projections de leur intersection.

Une droite et un plan étant donnés, trouver les projections du point où la droite rencontre le plan.

Par un point donné, mener une perpendiculaire à un plan donné, et construire les projections du point de rencontre de la droite et du plan.

Par un point donné, mener une droite perpendiculaire à une droite donnée, et construire les projections du point de rencontre des deux droites (2).

Un plan étant donné, trouver les angles qu'il forme avec les plans de projection.

Deux plans étant donnés, construire l'angle qu'ils forment entre eux.

Deux droites qui se coupent étant données, construire l'angle qu'elles forment entre elles.

Construire l'angle formé par une droite et par un plan donnés de position dans l'espace.

Problèmes relatifs aux plans tangents.

Mener un plan tangent à une surface cylindrique ou à une surface conique : 1° par un point pris sur la surface; 2° par un point pris hors de la surface; 3° parallèlement à une droite donnée.

Par un point pris sur une surface de révolution, dont on connaît le méridien, mener un plan tangent à cette surface.

Problèmes relatifs aux intersections de surfaces.

Construire la section faite, sur la surface d'un cylindre droit et vertical, par un plan perpendiculaire à l'un des plans de projection. — Mener la tangente à la courbe d'in-

---

(1) On fera usage, pour la résolution de ces problèmes, de la méthode du changement des plans de projection.

(2) On ne demandera pas l'épure de la plus courte distance de deux droites.

tersection. — Faire le développement de la surface cylindrique, et y rapporter la courbe d'intersection, ainsi que la tangente.

Construire l'intersection d'un cône droit par un plan perpendiculaire à l'un des plans de projection. Développement et tangente.

Construire la section droite d'un cylindre oblique. (Pour simplifier les constructions, on emploiera la méthode du changement des plans de projection.) — Mener la tangente à la courbe d'intersection. Faire le développement de la surface cylindrique, et y rapporter la courbe qui servait de base, ainsi que ses tangentes.

Construire l'intersection d'une surface de révolution par un plan, et les tangentes à la courbe d'intersection. — Résoudre cette question, lorsque la ligne génératrice est une droite qui ne rencontre pas l'axe.

Construire l'intersection de deux surfaces cylindriques et les tangentes à cette courbe.

Construire l'intersection de deux cônes obliques et les tangentes à cette courbe.

Construire l'intersection de deux surfaces de révolution dont les axes se rencontrent.

NOTA. Les candidats devront présenter aux examinateurs les épures relatives à toutes ces questions, revêtues de la signature de leur professeur.

Le dessin de croquis étant indispensable aux ingénieurs et l'une des bases du travail graphique à l'école polytechnique, cinq de ces épures seront en outre faites à main levée; deux au moins de ces croquis auront rapport, l'un aux plans tangents et l'autre aux intersections de surfaces.

VII. MÉCANIQUE.

Mouvement simple ou composé.

Mouvement uniforme. Vitesse. — Mouvement varié. Vitesse à un instant donné. Comment elle se détermine, par le calcul ou par le tracé d'une tangente à une courbe (1), quand l'espace est une fonction donnée du temps.

Mouvement uniformément varié. — La vitesse s'accroît de quantités proportionnelles aux temps écoulés. — L'expérience sur la chute des corps dans le vide, en fournit un exemple. — Valeur de l'accélération g, dans ce cas. — De l'accélération dans le mouvement varié en général, quand la vitesse est donnée, en fonction du temps, par une équation ou une courbe.

Composition et décomposition des vitesses et des accélérations, déduites du principe de l'indépendance des mouvements simultanés.

(1) Il arrive souvent que la relation entre les espaces et les temps n'est définie que par des données expérimentales, au moyen d'une table ou du tracé mécanique d'une courbe. On ramène le premier cas au second, en traçant une courbe qui représente la marche des nombres de la table; et on détermine la dérivée, qui fait connaître la vitesse, par le tracé de la tangente à la courbe.

Inertie. — Forces appliquées à un point matériel libre.

Loi de l'inertie relative au point matériel. —L'effet d'une force sur un point matériel est indépendant du mouvement antérieurement acquis par ce point.

Une force constante, agissant sur un point matériel partant du repos, lui imprime un mouvement uniformément accéléré. —Cas où le point matériel possède une vitesse initiale dans le sens de la force ou dans le sens contraire. — Réciproquement, si un point matériel est animé d'un mouvement rectiligne, uniformément varié, il est soumis à une force constante. — Exemple relatif à la pesanteur.

Conditions de l'égalité de deux forces, d'après les effets qu'elles produisent sur un même corps ou système matériel. — Comparaison des forces aux poids, à l'aide du dynamomètre. — Le kilogramme peut être pris pour unité de force (1).

Deux forces constantes, appliquées successivement à un même point matériel, partant du repos ou animé d'une vitesse initiale de même direction que la force, sont entre elles comme les accélérations qu'elles produisent. — Conséquence relative au cas où l'une des forces est le poids même du mobile. — Définition de la masse. — Relation entre les forces, les masses et les accélérations.

Composition et décomposition des forces appliquées à un même point matériel libre. (On admettra la démonstration basée sur la proportionnalité des forces aux accélérations et sur l'indépendance de leurs actions simultanées (2).)—Condition de l'équilibre des forces appliquées à un même point.—Elle est indépendante de l'état de repos ou de mouvement de ce point.

Travail des forces appliquées à un point mobile.

Travail élémentaire d'une force appliquée à un point mobile. — Deux manières de l'évaluer, suivant qu'on projette la force sur la direction de l'élément du chemin décrit, ou l'élément de chemin sur la direction de la force. — Travail élémentaire moteur; travail élémentaire résistant.—Le travail élémentaire d'une force normale à l'élément du chemin est nul.

Travail total d'une force constante dirigée dans le sens du chemin parcouru, ou qui reste parallèle à elle-même. — Application au mouvement d'un point matériel pesant sur une courbe quelconque.

Travail total d'une force variable dirigée, ou non, dans le sens du chemin décrit par son point d'application : il s'obtient par une quadrature ou à l'aide d'un tracé approximatif. — Ce qu'on entend par effort moyen.—Unité de travail, kilogrammètre.

Le travail élémentaire de la résultante de deux forces est égal à la somme algé-

(1) Un même poids ne produit pas, en tous les points du globe, le même effet sur un dynamomètre; mais la différence est très-faible, et peut être négligée dans les applications de la mécanique.

(2) Cette démonstration a été employée par les grands géomètres qui ont fondé la dynamique sur des bases scientifiques.

brique des travaux élémentaires des deux composantes. — Extension de ce théorème au cas d'un nombre quelconque de composantes. — Extension du même théorème au travail continu des forces.

Quand trois forces se font constamment équilibre, la somme algébrique de leurs travaux est nulle. — Extension de ce théorème à l'équilibre d'un nombre quelconque de forces appliquées à un point.

Forces appliquées à un corps solide.

On peut transporter le point d'application d'une force à un point quelconque de sa direction, pourvu que le second point soit supposé lié invariablement au premier. — Vérification de ce principe au moyen du dynamomètre appliqué aux extrémités d'une corde ou d'une verge soutenant verticalement un poids. — Le travail de la force ainsi transportée est aussi le même pour tout déplacement élémentaire de la droite d'application.

Composition et équilibre des forces concourantes. — Cas où les forces deviennent parallèles.

Théorème des moments par rapport à un plan (1).

Centre des forces parallèles. — Centre de gravité: sa recherche se réduit à une question de géométrie quand le corps est homogène. — Cas où le corps a un plan de symétrie, un axe ou un centre de figure.

Centre de gravité d'un triangle; il est le même que celui du système de trois sphères homogènes égales qui auraient leurs centres aux trois sommets. — Centre de gravité du trapèze et du quadrilatère quelconque.

Centre de gravité du tétraèdre; il est le même que celui du système de quatre sphères homogènes égales qui auraient leurs centres aux quatre sommets, et se trouve au point d'intersection des droites qui joignent les milieux des arêtes respectivement opposées. — Centre de gravité de la pyramide et du cône. — (La notion du centre de gravité ne suppose pas nécessairement la solidité des corps; elle s'applique à un système quelconque de points matériels.)

Le travail relatif à un corps ou à un système de corps pesants est le même que si la masse de ces corps se trouvait concentrée en leur centre de gravité général. — Application relative à l'élévation des fardeaux.

Composition générale des forces appliquées à un corps solide. — Leur réduction à deux forces équivalentes, dont l'une passe par un point donné (2). — Pour l'équilibre, ces forces doivent être égales et directement contraires, et la somme algébrique des travaux des forces proposées doit être nulle.

---

(1) On connaît la démonstration simple de ce théorème, qui consiste à l'établir d'abord pour deux forces, et à l'étendre ensuite à un plus grand nombre.

(2) Cette proposition se démontre directement par la simple composition et décomposition des forces.

Machines.

Utilité de la considération du travail dans les machines. — Elles ont en général pour but de transmettre, sous certaines conditions, le travail des forces. — Influence des résistances dites *passives:* le travail moteur est toujours plus grand que le travail résistant utile.

Lois expérimentales du frottement, 1° à l'instant du départ; 2° pendant le mouvement. — Expériences de Coulomb.

Mouvement uniforme et équilibre d'un corps sur un plan incliné, en supposant ce corps uniquement soumis à l'action de la pesanteur et au frottement du plan. — Cas du mouvement uniformément accéléré.

Équilibre du levier. — Des balances. Conditions à remplir pour qu'elles ne soient ni folles ni paresseuses. Mesure de leur sensibilité.

Équilibre et travail des forces appliquées au treuil.

Équilibre et travail des forces appliquées à la poulie fixe, en ayant égard au frottement.

Poulie mobile. — Moufles.

VIII. PHYSIQUE ET CHIMIE.

PHYSIQUE.

NOTA. Ce cours sera exclusivement expérimental. Les instruments seront mis entre les mains des élèves, qui dessineront, à main levée, des croquis des principaux appareils. Ces croquis seront présentés aux examinateurs.

But de la physique.

Propriétés générales des corps.

Étendue. — Mesure des longueurs et des angles. Mètre. Compas. — Description et usage du vernier. — Vis micrométrique. — Compas d'épaisseur.

Impénétrabilité. Phénomènes de pénétration apparente.

Divisibilité. Molécules des corps.

Porosité. Espaces intermoléculaires.

Mobilité. — Temps, mouvements absolus ou relatifs. — Mouvements rectiligne et curviligne d'un point. — Mouvement uniforme, vitesse constante. — Mouvement varié (retardé ou accéléré). — Vitesse à un instant donné.

Mouvement oscillatoire. — Loi des petites oscillations du pendule observées directement. — Pendules identiques. — Influence des amplitudes. — Pendules inégaux. — Relation entre les longueurs et les temps. — Pendule à secondes. — Mesure du temps. — Usage du pendule dans les expériences.

Inertie. — Forces; effets divers des forces. — En réalité, il n'existe pas de forces instantanées. — Forces accélératrices ou retardatrices.

Pesanteur. — Sa direction. — Mouvement vertical accéléré des corps dans le vide. — Poids. Densité; poids spécifiques. Lois de la chute des corps déduites, par analogie, de l'expérience du plan incliné et de la machine d'Atwood. — Appareil à cylindre tournant et à indication continue, propre à remplir plus directement et plus simplement le but. — Loi des espaces, loi des vitesses par rapport aux temps écoulés.

Mouvement circulaire ou rotatoire. — Expériences sur la force centrifuge et explication de ses effets. Son expression pour un élément donné du corps.

Description de la balance. Vérification de l'égalité des bras de levier. Méthode des doubles pesées.

Hydrostatique et hydraulique.

Distinction entre les liquides et les fluides aériformes. — Démonstration expérimentale de la transmission, égale en tous sens, de la pression dans les liquides. — Pressions exercées par les fluides pesants sur le fond, sur les parois d'un vase, sur les corps plongés. — Principe d'Archimède, démonstration par l'expérience et par le raisonnement (sans calcul). — Corps flottants.

Loi de Torricelli, relative à l'écoulement des liquides par les orifices des vases. — Ascension des jets verticaux et inclinés ou paraboliques.

Équilibre des liquides de densités différentes, placés dans un même vase. — Vases communiquants; équilibre des liquides de même densité, et des liquides de densités différentes.

Densités des solides et des liquides.

Détermination de la densité des corps liquides et des corps solides par le procédé du flacon et par la méthode de la balance hydrostatique. Unité de densité. — Densité des corps plus légers que l'eau, et des corps solubles dans l'eau.

Aréomètres à volume constant.

Aréomètres à poids constant. — Densimètre.

Propriétés des gaz.

Transmission des pressions. — Poids de l'air. — Tube de Torricelli; expérience de Pascal.

Baromètre de Fortin. — Fond mobile, pour amener le niveau du mercure, dans

la cuvette, au zéro de l'échelle. — Monture avec vernier. — Transport en voyage. — Indiquer, sans développement, l'effet de la capillarité. — Baromètre à siphon. — Baromètre de Gay-Lussac; perfectionnement de Bunsen. — Baromètre à cadran.

Loi de Mariotte. — Vérification à l'aide du tube recourbé de Mariotte. — Applications numériques.

Pompes aspirante et foulante.

Machine pneumatique. — Avantages que présente l'emploi de deux corps de pompe. Degré de vide déterminé à l'aide d'un baromètre complet ou d'un baromètre tronqué (1).

Crève-vessie. Hémisphères de Magdebourg.

Machine de compression.

Mesure de la pression dans un espace clos, à l'aide du baromètre différentiel. — Manomètre à air libre.

Siphon. — Son emploi pour transvaser les liquides; pour produire un écoulement constant. — Sources intermittentes.

Chaleur.

Température. — Dilatabilité des corps par l'action de la chaleur. — Construction et graduation du thermomètre à mercure. — Introduction du mercure; ébullition, détermination des points fixes. — Thermomètre centigrade, de Réaumur, de Fahrenheit.

Procédés les plus simples pour la mesure des dilatations des corps solides et liquides.

Chaleur rayonnante. — Propagation dans le vide et dans les gaz. Intensité en raison inverse du carré de la distance. — Réflexion. Expérience des deux miroirs conjugués. — Pouvoir réflecteur; pouvoir émissif; pouvoir absorbant.

Propagation de la chaleur dans les solides. — Expériences d'Ingenhouz. — Corps appelés vulgairement froids, tels que le marbre. — Propagation de la chaleur dans les liquides chauffés par le bas; chauffés par le haut. — Propagation de la chaleur dans les gaz; cas des gaz gênés dans leurs mouvements.

Chaleurs spécifiques. — Méthode de Laplace et Lavoisier. — Méthode des mélanges. — Chaleur latente de fusion.

Des vapeurs.

Formation des vapeurs dans le vide. — Tension de la vapeur : 1° lorsqu'elle est en présence d'un excès du liquide qui la fournit; 2° lorsque cette circonstance n'existe plus. — Mesure des tensions de la vapeur par le procédé de Dalton. — Température d'ébullition d'un liquide sous différentes pressions.

Mode d'action de la vapeur dans les machines à vapeur. Machines à simple et à double effet. — Machines à réaction; éolypile.

---

(1) On ne demandera pas le calcul de l'épuisement théorique.

État hygrométrique de l'air. — Hygromètre à condensation.

Électricité.

Attractions et répulsions électriques (1). — Distinction des deux électricités. Hypothèse des deux fluides. — Corps bons et mauvais conducteurs. — Le corps frotté et le corps frottant prennent des électricités contraires. — Machine électrique. Machine de Nairne.

Électrisation par influence. — Condensateur; bouteille de Leyde; bouteille à armatures mobiles. Batterie électrique. — Électrophore. — Étincelle. Tubes étincelants. — Effets mécaniques de l'électricité. Perce-verre; perce-carte. — Effets calorifiques. — Lumière électrique. — Effets physiologiques.

Paratonnerre.

Piles. — Disposition de la pile à colonne; de la pile de Wollaston, des piles de Daniell et de Bunsen. (Rien sur la théorie de la pile.) — Actions calorifiques et chimiques produites par la pile. — Décomposition de l'eau.

Piles sèches. — Électroscope de *Bohnenberger*. — Appareils à rotation.

Magnétisme.

Propriétés magnétiques. — Corps magnétiques et corps aimantés. — Pôles des aimants. — Attractions et répulsions des pôles des aimants. — Aiguilles aimantées. — Déclinaison et inclinaison de l'aiguille aimantée.

Acoustique.

Production et propagation du son. — Le son ne se propage pas dans le vide. — Intensité du son. — Hauteur du son. — Syrène. — Réflexion du son.

Lumière.

Propagation de la lumière. — Ombre et pénombre. — L'intensité de la lumière provenant d'un point éclairant est en raison inverse du carré de la distance. — Variation de l'intensité de la lumière à raison de l'inclinaison des surfaces.

Lois de la réflexion; miroir plan. — Images données par les miroirs sphériques. — Expériences.

Lois de la réfraction simple. — Effets des lentilles (2). — Dispersion de la lumière.

---

(1) On ne donnera rien sur leur loi.

(2) Les théories des miroirs et des lunettes sont les seules pour lesquelles on aura recours aux connaissances mathématiques des élèves. Encore faudra-t-il y mettre beaucoup de réserve.

CHIMIE.

Définition de la chimie. — Ce qu'on entend par corps simples et corps composés. — Différents états des corps. — Forces d'agrégation et de cohésion; affinité chimique.

Loi des proportions multiples.

Règles de la nomenclature. — Division des corps simples en métalloïdes et en métaux.

Oxygène.

État naturel, préparation; propriétés physiques; principales propriétés chimiques du gaz oxygène. — Ses caractères distinctifs.

Hydrogène.

État naturel, préparation, propriétés physiques du gaz hydrogène. — Ses caractères distinctifs.

Combinaisons de l'hydrogène avec l'oxygène.

Protoxyde d'hydrogène ou eau. — Son état naturel. — Sa distillation pour l'obtenir pure et la séparer des substances qu'elle contient. — Ses propriétés physiques. Sa congélation. — Propriété qu'elle a de dissoudre un grand nombre de corps. — Extraire l'air contenu dans l'eau. — Analyse de l'eau par la pile. — Synthèse de l'eau dans l'eudiomètre.

Azote ou nitrogène.

État naturel, préparation, propriétés physiques.

Mêlé à l'oxygène, à l'acide carbonique et à la vapeur d'eau, il constitue l'air atmosphérique. — Le démontrer par expérience. Déterminer soit par l'hydrogène, soit par le phosphore, les quantités d'oxygène et d'azote qui entrent dans la composition de l'air. — Caractères distinctifs de l'azote.

Combinaisons de l'azote avec l'oxygène.

Énoncer les cinq proportions dans lesquelles la combinaison peut avoir lieu.

Acide nitrique. — Sa production dans la nature. — Son extraction du nitrate de potasse ou de soude. — Ses propriétés physiques. — Ses principales propriétés chimiques. — Sa facile décomposition par la plupart des corps oxydables. — Ses caractères distinctifs.

Protoxyde et bioxyde d'azote. — Préparation, propriétés physiques, caractères distinctifs; analyse de ces gaz.

Combinaison de l'azote avec l'hydrogène, ou ammoniaque.

État naturel, préparation, propriétés physiques de l'ammoniaque. — Son action sur l'air et l'oxygène à une température élevée; sur le chlore à la température ordinaire; sa dissolution dans l'eau. — Analyse de l'ammoniaque. — Ses caractères distinctifs.

Soufre.

État naturel du soufre. — Son extraction. — Ses propriétés physiques. — Sa fusion, sa cristallisation. — Sa combustion dans l'air, d'où résulte de l'acide sulfureux. — Sa combustion rapide par le nitrate de potasse, d'où résulte du sulfate de potasse. — Ses caractères distinctifs.

Acide sulfurique. — Son état naturel, sa préparation, ses propriétés physiques, ses propriétés caractéristiques, sa composition.

Acide sulfureux. — Circonstances dans lesquelles il se produit. — Comment on se le procure. — Ses caractères distinctifs, sa composition.

Acide sulfhydrique. — État naturel, sa préparation. — Action extrêmement délétère de ce gaz sur les animaux dans l'acte de la respiration. Comment on peut la détruire. — Ses caractères distinctifs. — Sa composition.

Chlore.

État naturel, sa préparation. — Ses propriétés physiques. — Son action sur l'hydrogène, sur l'eau, sur les matières colorantes; purification de l'air des hôpitaux par le chlore. — Caractères qui le distinguent.

Acide chlorhydrique. — État naturel, sa préparation. — Ses propriétés physiques. — Acide chlorhydrique liquide. — Caractères distinctifs de cet acide. — Sa composition.

Iode.

État naturel, sa préparation. — Ses propriétés physiques. — Sa transformation en belles vapeurs violettes par la chaleur. — Ses caractères distinctifs.

Phosphore.

État naturel, sa préparation. — Ses propriétés physiques. — Sa combustion lente ou rapide dans l'air : produits qui en résultent. — Caractères distinctifs.

Hydrogènes phosphorés, inflammable et non inflammable spontanément. Comment on se les procure.

Carbone.

État naturel, sa préparation. — Ses propriétés physiques. — Son action sur l'oxygène et sur l'air à l'aide de la chaleur.

Absorption des gaz et décoloration des liqueurs par le charbon.

Combinaison du carbone avec l'hydrogène. — Gaz hydrogène protocarboné, et gaz hydrogène bicarboné. — Leur analyse eudiométrique. — Gaz de l'éclairage.

Oxyde de carbone et acide carbonique. — État naturel; leur préparation. — Leurs propriétés physiques. — Leurs actions sur l'économie animale dans l'acte de la respiration. — Combustion de l'oxyde de carbone dans l'air, à l'aide de la chaleur. — Dissolution de l'acide carbonique dans l'eau; eau gazeuse. — Analyse de l'acide carbonique et de l'oxyde de carbone.

IX. COSMOGRAPHIE (1).

NOTA. Ce cours sera purement descriptif.

Des Étoiles.

Distances angulaires des étoiles. Elles ne sont pas rigoureusement constantes, mais elles ne varient qu'avec une extrême lenteur. — Sphère céleste.

Mouvement diurne apparent des étoiles. — Culmination. Plan méridien.

Axe du monde. Pôles. — Étoiles circumpolaires. Étoile polaire. — Hauteur du pôle à Paris. — Les étoiles paraissent décrire des cercles d'orient en occident autour de la ligne des pôles. Ces mouvements apparents sont uniformes. — Parallèles; équateur. — Jour sidéral. — Mouvement de rotation de la Terre autour de la ligne des pôles, et d'occident en orient.

Différences des étoiles en ascension droite. — Déclinaisons.

Description du ciel. — Constellations. Grande et petite Ourse : Cassiopée, Pégase, le Taureau, le Lion, les Gémeaux, Sirius, Procyon, la Chèvre, Orion, le Bouvier, la Lyre, le Cygne.

Étoiles de diverses grandeurs. — Combien on en voit à l'œil nu.

Étoiles périodiques. — Algol et o de la Baleine.

Étoiles temporaires. — Étoile de 1572.

Étoiles colorées.

Étoiles doubles. Leurs révolutions. — η de la Couronne. — γ de la Vierge. — 61e du Cygne.

Distance immense des étoiles à la terre. — 61e du Cygne.

Voie lactée. — Nébuleuses. Nébuleuses résolubles.

---

(1) La cosmographie ne sera exigée qu'en 1852.

De la Terre.

Phénomènes qui donnent une première idée de sa forme. — Pôles. Parallèles. Équateur. Méridiens. Longitude et latitude géographiques.

Valeurs numériques des degrés mesurés à différentes latitudes et rapportés à l'ancienne toise.—Leur allongement, à mesure qu'on s'approche des pôles, prouve que la terre y est aplatie.

Deux degrés mesurés, l'un vers l'équateur et l'autre le plus près possible du pôle, suffisent pour donner le rayon et l'aplatissement. — Valeurs qu'on a trouvées pour ces quantités, en supposant que la terre soit un ellipsoïde de révolution. — On en a conclu la longueur du mètre.

Cartes géographiques. — Projections orthographique et stéréographique. — Mappemonde. — Système de développement en usage dans la construction de la carte de France.

Du Soleil.

Mouvement annuel apparent du soleil suivant un grand cercle de la sphère céleste. — Écliptique. Son inclinaison à l'équateur. — Points équinoxiaux. — Constellations zodiacales.

Diamètre apparent du soleil, variable avec le temps. — Le soleil paraît décrire autour de la terre une ellipse, dont celle-ci occupe un foyer. —Les aires décrites dans ce mouvement sont proportionnelles aux temps.

Origine des ascensions droites. — Ascension droite du soleil. Elle se compose d'une partie moyenne proportionnelle au temps, et d'une partie périodique. — Temps solaires vrai et moyen. — Équation du temps. — Principes et usages des cadrans solaires.

Année tropique. Sa valeur en jours moyens. — Calendrier. Réforme julienne; réforme grégorienne.

Distance du soleil à la terre. — Rapport du volume du soleil à celui de la terre. Rapport de leurs masses. — Densité du soleil rapportée à la densité moyenne de la terre.

Taches du soleil. — Rotation du soleil sur lui-même. — Idées prédominantes sur la constitution physique du soleil.

Lumière zodiacale.

Du jour et de la nuit en un lieu déterminé, et de leurs durées à différentes époques de l'année; — aux époques des équinoxes et des solstices; — à l'équateur, aux cercles polaires, aux pôles. — Crépuscules.

Saisons. — Des causes principales qui rendent la température variable avec les saisons en un lieu de la terre. — Inégalité de la durée des différentes saisons.

Idée de la précession des équinoxes.

Les apparences du mouvement du soleil autour de la terre s'expliquent par un mouvement réel de la terre autour du soleil.

De la Lune.

Diamètre apparent. — Phases. — Syzigies. Quadratures. — Lumière cendrée.

Révolutions sidérale et synodique. — Orbite décrite par la lune autour de la terre.

Distance de la lune à la terre. — Diamètre réel et volume de la lune. Sa masse.

Taches. — Rotation. Libration en longitude. — Montagnes de la lune, leur hauteur. — Constitution volcanique de la lune. — Absence d'eau et d'atmosphère.

Éclipses de lune. — Elles ont lieu au moment de l'opposition. — Leur cause. — Pourquoi il n'y en a pas lors de toutes les oppositions. — L'éclipse peut être partielle ou totale. — Ombre et pénombre. — Influence de l'atmosphère terrestre.

Éclipses de soleil. — Elles ont lieu au moment de la conjonction de la lune. — Pourquoi il n'y en a pas lors de toutes les conjonctions. — Éclipses partielles, annulaires, totales.

Des Planètes.

Leurs noms. — Leurs distances moyennes au soleil.

Leurs mouvements autour du soleil s'effectuent suivant les lois de Képler.

Planètes inférieures, Mercure et Vénus. — Leurs digressions orientale et occidentale. — Phases de Vénus. — Rotation. — Passages sur le disque du soleil.

Mars. Taches blanchâtres observées à ses pôles. — Rotation.

Jupiter. Taches et bandes. — Rotation ; aplatissement de son disque. — Satellites ; leurs éclipses. Vitesse de la lumière.

Saturne. — Bandes. — Rotation ; aplatissement. — Anneau et satellites. — Dimensions des différentes parties de ce système.

Grand nombre de très-petites planètes situées entre Mars et Jupiter.

Des Comètes.

Noyau ; chevelure ; queue. — Petitesse de la masse des comètes.

Nature de leurs orbites. — Comètes périodiques. — Comète de Halley. — Comète de Biela. Son dédoublement.

Phénomènes des marées.

Flux et reflux. — Haute et basse mer. — Circonstances principales du phénomène. Sa période.

Les marées sont dues aux actions combinées de la lune et du soleil. — Marées des syzigies et des quadratures.

Établissement d'un port.

X. HISTOIRE ET GÉOGRAPHIE (1).

Faire connaître sommairement la géographie politique de l'empire romain sous Honorius et Arcadius, et la division géographique du Nord avant la grande invasion. — Résumer l'histoire des invasions et des établissements des barbares dans les deux empires d'Orient et d'Occident. — Chute de l'empire d'Occident.

Exposer les résultats de la conquête des barbares et les institutions germaniques apportées par eux sur le sol conquis. — Insister particulièrement sur Théodoric et Clovis. Exposer sommairement la géographie politique de l'Europe au temps de Clovis.

Tracer la situation de l'empire d'Orient sous Justinien, et dire un mot de ses travaux législatifs.

Exposer sommairement l'état de l'Arabie avant Mahomet. Résumer l'histoire de Mahomet et des Arabes jusqu'à l'établissement du kalifat de Cordoue. Faire connaître succinctement la géographie politique de l'empire des Arabes à cette dernière époque.

Résumé très-succinct de l'histoire d'Angleterre, depuis les invasions saxonnes jusqu'à la conquête par Guillaume le Conquérant. — Quelques détails sur le règne d'Alfred le Grand.

Exposer l'histoire des Francs, particulièrement dans leurs rapports avec les autres peuples de l'Europe, depuis l'avénement de Pépin le Bref jusqu'au traité de Verdun en 843. — Présenter, d'une manière sommaire, la géographie politique de l'empire de Charlemagne à la mort de ce prince.

Résumé synchronique de l'histoire des états formés du démembrement de l'empire Carlovingien, jusqu'à la première Croisade. — Insister sur l'organisation féodale dans les différents pays. — Faire connaître les invasions et les établissements des Normands.

Faire connaître la géographie politique du monde chrétien et des états musulmans, à l'époque de la première croisade.

Résumer l'histoire de la Péninsule espagnole, depuis l'établissement du kalifat de Cordoue jusqu'à l'expulsion définitive des Maures.

---

(1) L'histoire et la géographie ne seront exigées qu'en 1852. Les diverses parties du programme ne seront pas toutes traitées avec les mêmes détails. On s'attachera aux époques principales et aux grands règnes de notre histoire, en entrant dans plus de développements, à mesure qu'on se rapprochera de l'époque actuelle.

Résumer l'histoire de la puissance papale, depuis Charlemagne jusqu'à la translation du saint-siége à Avignon. S'arrêter surtout aux règnes de Grégoire VII et d'Innocent III.

Exposer l'histoire synchronique de la France, de l'Angleterre, de l'Italie et de l'Allemagne pendant les croisades. — Principaux faits. Résultats des croisades. — Indiquer les royaumes et les principautés fondés par les Croisés.

Exposer l'histoire synchronique de France et d'Angleterre, depuis Philippe le Bel jusqu'à l'expulsion définitive des Anglais du royaume de France, par Charles VII. — Insister sur les conséquences de la guerre de cent ans. — Guerre des deux roses en Angleterre.

Résumer l'histoire de l'Italie et de l'Allemagne, depuis le commencement du XIIIe siècle jusqu'au couronnement de Frédérick III à Rome, et au traité de Lodi.

Chute de l'empire d'Orient, à la prise de Constantinople en 1453. — Géographie politique de l'Europe à cette époque.

Tracer le tableau sommaire de l'état des lettres, des sciences et des arts, depuis Charlemagne jusqu'au milieu du XVe siècle.

Résumer l'histoire synchronique de l'Espagne et de l'Italie. Lutte contre les Turcs, et développement de la chrétienté par les découvertes des Espagnols et des Portugais.

Histoire de la royauté en France, en Angleterre, en Écosse, en Espagne, en Portugal, jusqu'à la rivalité de Charles-Quint et de François Ier.

Résumer les principaux faits politiques qui caractérisent la réforme en Allemagne, en France, en Suisse, en Angleterre, en Suède et dans les Pays-Bas. — La Ligue. — Les États de Blois.

Faire connaître sommairement la géographie politique de l'Europe à la mort de Henri IV, et exposer l'histoire intérieure de la France jusqu'à la mort de Mazarin.

Résumé succinct des principaux événements de la guerre de trente ans. Développer les résultats du traité de Westphalie, et faire connaître les changements qu'il consacra dans la géographie politique de l'Europe.

Histoire synchronique des divers états de l'Europe pendant le règne de Louis XIV, depuis le traité de Westphalie jusqu'à la mort du grand roi.

Faire connaître succinctement l'état des sciences, des lettres et des arts en Europe, pendant la dernière moitié du XVe siècle, pendant le XVIe et surtout le XVIIe.

Histoire synchronique de la France et de l'Europe pendant le XVIIIe siècle, depuis la mort de Louis XIV jusqu'à l'avénement de Louis XVI. Insister sur Frédérick le Grand, Charles XII et Pierre le Grand.

Faire connaître la géographie politique de l'Europe à l'avénement de Louis XVI.

Résumer l'histoire des colonies européennes.

XI. LANGUE ALLEMANDE [1].

Les candidats devront connaître les règles principales de la grammaire, savoir expliquer à livre ouvert un texte facile, et répondre en allemand à quelques questions simples adressées, aussi en allemand, par l'examinateur.

Ils feront, en outre, un thème, qui devra être écrit en caractères allemands.

XII. DESSIN ET LAVIS.

Les candidats copieront une académie, ombrée en partie au crayon, d'après un modèle qui leur sera remis par les examinateurs ou par les commissaires délégués.

Outre les épures de géométrie descriptive et les croquis indiqués ci-dessus, les candidats remettront aux examinateurs le lavis, à l'encre de Chine, d'une surface cylindrique de 12 centimètres de diamètre sur 25 centimètres de hauteur, se détachant sur un fond à teinte plate. Tous ces dessins devront être revêtus du visa du professeur, avec la date de ce visa pour chaque épure.

XIII. OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

Toutes les matières comprises dans les programmes ci-dessus sont également obligatoires. Les candidats dont les connaissances, en l'une quelconque des parties, seraient reconnues insuffisantes, seront déclarés inadmissibles.

Outre les épreuves orales, les candidats seront soumis à des épreuves écrites. Les questions qui leur seront posées seront toutes tirées des programmes.

Les candidats remettront aux examinateurs huit feuilles de calculs, exécutés au moyen des tables de logarithmes, et comprenant :

La *première*, le dessin d'un plan fait à l'échelle d'après les données du lever; et le calcul de la surface suivant la méthode des trapèzes. Un des côtés du terrain devra être terminé par une courbe, non définie géométriquement ;

---

(1) L'allemand ne sera exigé qu'en 1852.

La *deuxième*, le calcul du rapport de la circonférence au diamètre avec *cinq* figures ;

La *troisième*, le calcul des surfaces et des volumes des corps ou portions de corps ronds ;

La *quatrième*, un calcul trigonométrique ;

La *cinquième*, la résolution de quatre équations du premier degré à quatre inconnues, dont les coefficients auront un grand nombre de figures; et la vérification que la solution présente le degré d'approximation voulu ;

La *sixième*, le calcul des logarithmes des nombres de 1 à 10, de 101 à 110, et de 10.001 à 10.010 ;

La *septième*, le calcul d'une racine réelle et incommensurable d'une équation;

La *huitième*, la réduction d'une équation générale du second degré, à deux inconnues, à la forme la plus simple, par la transformation des coordonnées.

Ces huit feuilles devront être visées par le professeur du candidat, avec la date du visa. Pour s'assurer que ces feuilles sont bien l'ouvrage du candidat, il lui sera proposé un exemple de résolution de triangle rectiligne ou sphérique, et un exemple de calculs numériques, tiré de la géométrie ou de l'algèbre; il sera fait usage, pour ces calculs, des tables à sept décimales.

Enfin, les candidats traduiront un morceau d'un auteur latin, en prose, de la force de ceux qu'on explique en troisième. Il sera tenu compte, dans le classement d'admission, du mérite de cette traduction; mais son insuffisance ne sera jamais une cause absolue d'inadmissibilité.

La composition d'histoire et de géographie servira pour juger des qualités de style et de rédaction que possède le candidat.

Les candidats ne seront examinés que sur les connaissances exigées par les programmes.

Ceux qui seront admis subiront, à leur arrivée à l'École, de nouvelles épreuves, pour constater qu'ils sont bien les auteurs des compositions littéraires, dessins, épures et lavis qu'ils ont présentés. En cas de fraude reconnue, l'élève qui l'aurait commise serait renvoyé.

Les jeunes gens qui, à leur arrivée à l'École, seront reconnus être affectés d'un vice de conformation, ou d'une infirmité quelconque qui les mettrait hors d'état de suivre les cours, ou les rendrait impropres aux services publics, ne pourront être reçus. Cette clause expresse sera rappelée aux candidats, par les examinateurs.

Une instruction détaillée, publiée chaque année par le Ministre de la guerre, fera connaître le mode d'examen et la date de l'ouverture des concours dans chaque centre d'examen.

DEUXIÈME SECTION.

PROGRAMMES DE L'ENSEIGNEMENT INTÉRIEUR, PENDANT LES DEUX ANNÉES D'ÉTUDES.

I. COURS D'ANALYSE.

PREMIÈRE ANNÉE.

CALCUL DIFFÉRENTIEL.

1re, 2e, 3e, 4e et 5e leçon.

* Constantes. Variables. Variables indépendantes. Variables dépendantes ou fonctions. — Continuité et discontinuité des fonctions. Exemples divers.

* Du rapport entre l'accroissement d'une fonction et l'accroissement de la variable. Valeur que prend ce rapport quand les accroissements deviennent infiniment petits.

* Définition de la dérivée d'une fonction d'une seule variable. Sa représentation géométrique. — Identité du problème des dérivées et de celui des tangentes aux courbes.

* Différences d'une fonction. — Différentielle. Son rapport avec la différence a pour limite l'unité. — Notations adoptées pour la différence, la différentielle et la dérivée.

* Comment le signe de la dérivée fait connaître le sens de la variation d'une fonction.

* Une constante a pour dérivée *zéro*. Réciproque.

* Deux fonctions d'une même variable, qui ont même dérivée ou même différentielle, ne peuvent différer que par une constante.

* Différentiation ou dérivation des sommes, produits, quotients ou puissances quelconques de fonctions dont les dérivées ou les différentielles sont connues.

* Différentiation des exponentielles et des logarithmes, en se fondant sur la limite de $(1 + \frac{1}{m})^m$, m croissant indéfiniment ou de $(1 + \alpha)^{\frac{1}{\alpha}}$, α étant infiniment petit.

* Différentiation des fonctions circulaires, soit par le calcul seul, soit par des considérations géométriques.

* Différentiation des fonctions de fonctions.

* Ce qu'on appelle dérivées partielles d'une fonction de plusieurs variables.

* Dérivée et différentielle d'une fonction composée.

Nota. Ces règles, qui permettent de différentier toutes les fonctions explicites, seront appliquées à un grand nombre d'exemples.

6e, 7e et 8e leçon.

* Différentiation des fonctions implicites.

* Dérivées et différentielles des divers ordres, des fonctions d'une seule variable.

* Dérivées et différentielles partielles des divers ordres, des fonctions de plusieurs variables indépendantes. — Changement de l'ordre dans lequel ces différentiations sont effectuées.

* Différentielles totales des divers ordres, des fonctions de plusieurs variables indépendantes.

* Différentielles totales de fonctions de plusieurs variables, qui sont fonctions de variables indépendantes. — Cas où ces fonctions sont linéaires.

9e, 10e, 11e, 12e, 13e et 14e leçon.

Applications analytiques du calcul différentiel.

* Développer F $(x+h)$ suivant les puissances de h. — Déterminer deux limites entre lesquelles soit compris le reste, quand on s'arrête à une puissance quelconque de h.

* Développement de F (x), suivant les puissances de x ou de $x-a$, a étant une quantité choisie arbitrairement. — Application à sin. x, cos. x, a^x, log $(1+x)$. — Applications numériques.

* Expressions des sinus et cosinus en exponentielles imaginaires. Expressions de $\sin^m x$ et $\cos^m x$ au moyen des sinus et cosinus des multiples de x.

* Développement de F $(x+h, y+k)$ suivant les puissances de h et de k.

* Développement de F (x, y) suivant les puissances de x et de y.

* Dans toute fonction homogène, la somme des produits de chaque variable par la dérivée partielle qui lui est relative, est égale à la fonction multipliée par son degré.

* Méthode pour trouver les vraies valeurs de fonctions qui, pour une valeur particulière de la variable, se réduisent à l'une des formes suivantes : $\frac{0}{0}$, $0\times\infty$ $\frac{\infty}{\infty}$, Applications.

Maxima et minima des fonctions d'une seule variable. — Exemples variés.

Maxima et minima des fonctions de plusieurs variables indépendantes. — Exemples.

15e, 16e, 17e, 18e, 19e et 20e leçon.

Applications géométriques. (1)

Équations de la tangente et de la normale aux courbes planes. — Expressions de la sous-tangente et de la sous-normale en coordonnées rectangles. — Applications aux

(1) La méthode des infiniment petits sera exclusivement employée dans les applications du calcul infinitésimal.

courbes du second degré, à la logarithmique, à la cycloïde, etc. — Formules analogues en coordonnées polaires. — Application à diverses courbes, particulièrement aux spirales.

* Asymptotes. — Règles pour leur détermination en coordonnées rectilignes. — Elles peuvent être considérées généralement comme limites des tangentes.

Différentielles de l'arc, de l'aire, de l'inclinaison d'une courbe plane, les coordonnées étant rectilignes ou polaires. — * Changement de la variable indépendante. •

Concavité, convexité d'une courbe plane. — * Points singuliers. — Exemples.

Du cercle osculateur, du rayon et du centre de courbure d'une courbe plane.

* Contacts des divers ordres des courbes planes.

* Développées et développantes. Expressions des coordonnées d'un point quelconque de l'une ou de l'autre. — Applications aux courbes du second degré, à la cycloïde, aux épicycloïdes, à la spirale logarithmique, etc.

* Courbes enveloppes. — Caustiques par réflexion et par réfraction. — Exemples.

21ᵉ, 22ᵉ, 23ᵉ, 24ᵉ, 25ᵉ et 26ᵉ leçon.

Suite des applications géométriques.

* Tangentes et plans normaux aux courbes à double courbure. — Différentielle de l'arc. — Plan osculateur. — Rayon de courbure. — Application à l'hélice.

Plans tangents, normales et plans normaux à une surface quelconque.

Théorie de la courbure des surfaces. — Rayons de courbure des sections normales. Maximum et minimum de ces rayons. — Relations entre ces deux rayons particuliers et celui d'une section quelconque, normale ou inclinée.

Indicatrice. Tangentes conjuguées.

Lignes de courbure. On se bornera à établir la propriété qu'elles ont d'être tangentes aux sections de plus grande et de plus petite courbure.

Équations finies des surfaces cylindriques, coniques, conoïdes et de révolution. Équations différentielles de ces mêmes surfaces, déduites de leurs propriétés géométriques caractéristiques.

De la courbe de contact d'un cylindre ou d'un cône circonscrits à une surface.

Équation des lignes de plus grande pente.

Equations des surfaces gauches et des surfaces développables.

Nota. Parmi les exercices variés que l'on fera faire aux élèves sur toutes les matières du cours, on aura soin qu'il y en ait un grand nombre pour lesquels on puisse exiger le calcul numérique des résultats.

27ᵉ et 28ᵉ leçon.

Calcul des différences.

Calcul numérique des différences des divers ordres, d'une fonction d'une seule va-

riable, au moyen des valeurs de la fonction, correspondantes à des valeurs équidistantes de la variable. — Expression d'une quelconque des valeurs successives de la fonction, au moyen de la première et de ses différences. — Applications numériques.

Construction de tables représentant une fonction dont les différences peuvent être négligées à partir d'un certain ordre, dans une étendue déterminée de la variable.

CALCUL INTÉGRAL.

29e, 30e, 31e, 32e, 33e et 34e leçon.

* Objet du calcul intégral. — Montrer qu'il existe toujours une fonction qui a pour dérivée une fonction donnée, et que toutes celles qui jouissent de cette même propriété ne diffèrent que par une constante. — Intégrales indéfinies. Intégrales entre des limites déterminées.

* Intégration par décomposition. — Intégration par changement de variables. — Intégration par parties.

Application à l'intégration des fonctions rationnelles et des fonctions algébriques qui renferment un radical du second degré, sous lequel se trouve une expression rationnelle et entière du second degré. — Nombreux exemples, choisis parmi ceux qui se présentent le plus souvent dans les applications.

Intégration des fonctions exponentielles, logarithmiques et circulaires. — * Considérer particulièrement les expressions de la forme e^{ax} sin. $bx\,dx$, e^{ax} cos. $bx\,dx$, $x^m e^{ax}$ sin. $bx\,dx$, $\sin^m x \cos^n x\,dx$.

* Intégration par séries. — En déduire le développement des fonctions dont la dérivée peut être développée en série. — Applications à log $(1+x)$, arc tang. x, arc sin. x.

35e, 36e, 37e, 38e et 39e leçon.

Applications géométriques.

Quadrature des courbes en coordonnées rectilignes ou polaires. Exemples divers. Applications numériques. — * Rectification des courbes en coordonnées rectilignes ou polaires. Exemples. Applications numériques.

Cubature des solides de révolution. Quadrature de leurs surfaces. Exemples. Applications numériques. — Cubature des solides en général, dans un système de coordonnées rectilignes ou polaires. Applications numériques. — * Quadrature des surfaces courbes quelconques dans un système de coordonnées rectangles. Application à la sphère.

Quadrature des surfaces planes, au moyen d'un système d'ordonnées équidistantes et assez voisines pour que les différences d'un certain ordre puissent être considérées

comme négligeables. — Cubature des volumes par la même méthode, appliquée à des tranches planes équidistantes.

Applications à la mécanique.

40[e], 41[e] et 42[e] leçon.

* Calcul de l'attraction d'une sphère, composée de couches homogènes, sur un point extérieur ou intérieur. L'attraction sera supposée proportionnelle aux masses et en raison inverse du carré de la distance.

Détermination du centre de gravité des lignes, des surfaces et des solides. Exemples nombreux.

DEUXIÈME ANNÉE.

CALCUL INTÉGRAL.

1[re] et 2[e] leçon.

Différentiation et intégration d'une intégrale définie, par rapport à un paramètre que l'on y fait varier. Les exposer par des considérations géométriques.

* Application à la détermination de $\int_0^\infty \frac{\sin ax}{x} dx$, $\int_0^\infty e^{-x^2} dx$. Considérations géométriques qui conduisent facilement à la détermination de cette dernière intégrale.

Conditions pour qu'une expression telle que $M dx + N dy$, dans laquelle M et N sont des fonctions données de x et y, soit la différentielle exacte d'une fonction des deux variables indépendantes x, y. Quand cette condition est remplie, trouver la fonction.

3[e], 4[e], 5[e], 6[e] et 7[e] leçon.

Intégration des équations différentielles du premier et du second ordre.

Intégration des équations différentielles du premier ordre à deux variables. — Leur intégrale générale renferme une constante arbitraire. (La démonstration sera donnée par la considération des infiniments petits.)

Intégration de l'équation $M dx + N dy = 0$, quand le premier membre est une différentielle exacte.

L'intégration de l'équation $M dx + N dy = 0$ s'effectue immédiatement, quand les variables sont ou peuvent être séparées. — Exemples les plus simples. — Cette séparation peut s'effectuer lorsque M et N sont des fonctions homogènes d'un même degré en x et y. — On peut rendre homogène l'équation $(a + mx + ny) dx + (b + px + qy) dy = 0$.

Intégration de l'équation linéaire du premier ordre $\frac{dy}{dx} + Py = Q$, P et Q étant des fonctions de x. — Exemples.

Intégration des équations du premier ordre, contenant la dérivée première $\frac{dy}{dx} = p$, à une puissance supérieure à la première, lorsqu'elles peuvent être résolues algébriquement par rapport à $\frac{dy}{dx}$. — Cas où l'équation proposée ne contient ni x ni y.

Intégration lorsque l'équation pouvant être résolue par rapport à y, on en déduit entre x et p, une équation différentielle qui peut être intégrée. — Application à l'équation $y = xf(p) + \varphi(p)$. — Quand $f(p)$ est égal à p, on obtient, outre l'intégrale générale, une solution particulière représentant la courbe enveloppe de toutes les droites données par l'intégrale générale (1).

L'intégrale générale d'une équation différentielle du m[ième] ordre contient nécessairement m constantes arbitraires (la démonstration sera donnée par la considération des infiniment petits).

* Intégration de $d^m y = V dx^m$, V étant une fonction de x. — L'intégrale composée $\int\int \ldots . V dx^m$ peut s'obtenir au moyen de m intégrales simples. (On ne donnera pas la formule générale.)

Intégration de l'équation $\frac{d^2y}{dx^2} = f\left(\frac{dy}{dx}\right)$ qui ne contient ni x ni y. — Quelle est la courbe dont le rayon de courbure est constant?

Intégration de l'équation $\frac{d^2y}{dx^2} = f(y)$.

Intégration des équations $f\left(\frac{d^2y}{dx^2}, \frac{dy}{dx}, x\right) = o$ et $f\left(\frac{d^2y}{dx^2}, \frac{dy}{dx}, y\right) = o$. — Courbe dont le rayon de courbure est en raison inverse de l'abscisse. — Déterminer une courbe qui soit telle qu'en chacun de ses points le rayon de courbure soit proportionnel à la longueur de la normale, comprise entre la courbe et l'axe des abscisses.

8[e], 9[e] et 10[e] leçon.

Équations linéaires.

Lorsqu'une équation linéaire ne renferme pas de terme indépendant de la fonction et de ses dérivées, la somme d'un nombre quelconque d'intégrales particulières, multipliées par des constantes arbitraires, en est encore une intégrale. — L'intégrale générale d'une équation linéaire de cette forme et de l'ordre m, se déduit immédiatement de la connaissance de m intégrales particulières.

Application à l'équation linéaire à coefficients constants. — Faire disparaître les imaginaires de la solution, lorsqu'il s'en présente. — Cas où l'équation algébrique,

(1) On n'entrera pas dans d'autres détails sur les solutions particulières.

dont dépend la solution, présente des racines égales. On donnera uniquement l'artifice de d'Alembert, en le faisant bien comprendre par l'application à une équation du second degré.

L'intégrale générale d'une équation linéaire d'ordre quelconque, qui renferme un terme indépendant de la fonction, se ramène, au moyen de simples quadratures, à l'intégration de la même équation dans laquelle on supprime ce terme. (Cette théorie ne sera exposée que d'une seule manière, par la variation des constantes.)—Application aux cas où les coefficients étant constants, le terme indépendant de la fonction sera, 1° une fonction entière de x; 2° de la forme $A \cos. nx + B \sin. nx$.

* Lorsqu'on connaît $m-1$ intégrales particulières de l'équation linéaire différentielle, privée de son second membre, on ramène l'intégration à la résolution d'une équation différentielle linéaire du premier ordre. (On l'exposera sur une équation du 4e ordre par la méthode de la variation des constantes, et l'on se bornera à indiquer que ce procédé peut être généralisé.)

11e leçon.

Intégration des équations par les séries.

Développement de y suivant les puissances de x, ou plus généralement de $x-a$.— On n'obtient quelquefois ainsi qu'une solution particulière. — On peut en déduire l'intégrale générale par la variation des constantes. — Exemples.

12e et 13e leçon.

Intégration des équations différentielles simultanées.

* Intégration du système de deux équations linéaires, simultanées, du premier ordre et à coefficients constants, renfermant des termes indépendants des fonctions. *Méthode de d'Alembert.* — Cas où les deux racines de l'équation du second degré en θ sont égales ou imaginaires. — On se bornera à indiquer succinctement que cette marche pourrait s'étendre à un système de trois ou d'un plus grand nombre d'équations linéaires du premier ordre, et qu'on ramène au premier ordre le cas où certaines dérivées seraient d'un ordre plus élevé.

14e et 15e leçon.

Équations aux différentielles partielles.

Élimination des fonctions arbitraires, au moyen des dérivées partielles. — Applications. Théorème des fonctions homogènes. Équations différentielles des surfaces cylindriques, coniques, conoïdes et de révolution.

' Intégration de l'équation aux différentielles partielles du premier ordre.

* Intégration de l'équation linéaire du second ordre $\frac{d^2u}{dy^2} = a^2 \frac{d^2u}{dx^2}$, dont dépend le mouvement d'une corde vibrante. — L'intégrale renferme deux fonctions arbitraires. — Détermination de ces fonctions au moyen de l'état initial de la corde.

16e et 17e leçon.

Applications géométriques.

Détermination des moments d'inertie et des axes principaux d'un corps. — Applications à la sphère, à l'ellipsoïde, au prisme.

18e, 19e, 20e, 21e, 22e et 23e leçon.

Applications mécaniques et physiques.

D'après les conditions supposées connues de l'équilibre d'un fil homogène pesant, trouver l'équation finie de la courbe qu'il affecte dans sa position d'équilibre.

Mouvement vertical d'un point pesant, en tenant compte de la variation de la gravité avec la distance au centre de la terre.

Mouvement vertical d'un point pesant dans un milieu résistant, la résistance étant supposée proportionnelle au carré de la vitesse.

Exemples choisis du calcul du mouvement d'un point pesant, assujetti à se mouvoir sur le cercle ou sur la cycloïde. Pendule simple.

Mouvement des projectiles dans le vide et dans l'air.

24e, 25e, 26e, 27e et 28e leçon.

Suite des applications mécaniques et physiques.

Calcul de la force qui sollicite les planètes, en partant des lois de Képler. Données numériques.

Calcul du mouvement relatif de deux points qui s'attirent en raison inverse du carré de la distance.

* Détermination des masses de la terre et des planètes accompagnées de satellites. Applications numériques.

* Calcul des vibrations longitudinales des verges cylindriques. Analogie de ce problème avec celui des cordes vibrantes et des vibrations des gaz dans les tuyaux cylindriques.

29e, 30e et 31e leçon.

Éléments du calcul des probabilités et arithmétique sociale.

Principes généraux du calcul des chances. Probabilités simple, composée, partielle, totale. — Des épreuves répétées.

Espérance mathématique. Énoncé du théorème de Bernoulli (sans démonstration). Applications à divers cas, et particulièrement aux loteries.

Des tables de population et de mortalité. — Vie moyenne.

Des annuités, des rentes viagères, des tontines, des assurances, etc.

Observations générales.

La durée de ce cours sera de 78 leçons, dont 45 seront faites dans le premier semestre de la première année, et 33 dans le premier semestre de la deuxième année.

La première demi-heure *au moins*, de chaque leçon, sera consacrée par le professeur à des interrogations. — La leçon orale sera d'une heure au plus.

Les dernières leçons de chaque année seront nécessairement employées à la révision générale du cours.

Les compositions écrites seront données dans la proportion d'une pour quatre leçons.

Les professeurs et les répétiteurs suivront le travail des élèves dans les salles à toutes les études consacrées à l'analyse.

Après la clôture du cours, chaque année, tous les élèves seront interrogés sur le cours entier, par les professeurs et les répétiteurs.

II. GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE ET SES APPLICATIONS.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Les élèves seront tenus de prendre, à l'amphithéâtre, des notes et des croquis sur des cahiers qui seront soumis à l'inspection du professeur, de ses adjoints et de tous les fonctionnaires chargés de la police des travaux de l'école.

Exercices graphiques. — Les élèves feront les épures et, en général, toutes les applications graphiques du cours d'après les croquis qu'ils auront pris à l'amphithéâtre. Pour quelques constructions, on pourra leur demander seulement des croquis faits à main levée. Les dessins seront, toutes les fois qu'il sera possible, construits au moyen d'échelles décimales exprimant un rapport simple avec le mètre. Ils porteront des titres écrits conformément aux modèles admis à l'école et seront, au besoin, accompagnés de légendes.

Sujets des épures. — Les sujets des exercices graphiques, variables d'un élève à

l'autre, et le temps consacré à chacun d'eux, seront arrêtés par le directeur des études, sur la proposition du professeur. Ils concerneront principalement :

Pour la partie théorique du cours, les intersections des surfaces stéréotomiques, les parabaloïdes normaux et les paraboloïdes de raccordement aux surfaces gauches; les cônes et les cylindres circonscrits aux différentes surfaces employées dans les arts et spécialement à celles dont les courbures sont opposées; les normales parallèles à une droite donnée de direction et les trajectoires orthogonales. On pourra d'ailleurs choisir des sujets dans toutes les parties du programme.

Pour les applications au dessin, les objets à représenter seront pris dans les terrassements, dans l'architecture et dans l'industrie.

En stéréotomie, on choisira les appareils les plus ordinairement employés en architecture pour les descentes, les berceaux tournants, les arches biaises, les escaliers, les lunettes, les différentes espèces de voûtes d'arêtes, etc.

Dans la coupe des bois, on exercera d'abord les élèves à représenter les principaux assemblages par des plans et des élévations et par des perspectives isométriques; on leur fera faire ensuite quelques épures, dont les sujets seront exclusivement choisis dans les combles et les escaliers.

Répartition des exercices. — Les divers sujets traités par le professeur seront répartis entre les élèves. Lorsque plusieurs élèves auront à résoudre une même question, on fixera une série de données de manière qu'il y ait toujours des différences notables entre les épures des élèves d'une même salle et que le problème soit résolu dans les différents cas qu'il peut présenter.

1re PARTIE. — COURS THÉORIQUE.

1re leçon.

* Objet et importance du dessin géométrique. Modes divers de représentation. Réduction d'échelle. Changement des plans de projection.

* Utilité et emploi des courbes d'erreur. Leurs solutions étrangères.

(* *Nota*. Il sera posé à chaque élève, à son entrée à l'école, un problème simple, comme application de l'enseignement préparatoire qu'il a reçu avant son admission.)

2e, 3e et 4e leçon.

* Discussion des courbes, intersections de cônes et de cylindres.

(* Problème d'intersection et discussion de courbes; un croquis.)

* Problème général des ombres et de la perspective.

* Utilité des cylindres et des cônes circonscrits et de la normale parallèle à une droite. Solution du problème pour les surfaces de révolution.

(* Application à une surface de révolution; épure).

5e, 6e et 7e leçon.

* Surfaces développables; arêtes de rebroussement; plans tangents; développements; transformées par développement; principales générations.

* Héliçoïde développable; sa représentation; plans tangents; intersections avec un cylindre de même axe; sections planes; développement.

(* Application à une surface développable; épure et croquis).

8e, 9e, 10e, 11e, 12e et 13e leçon.

* Surfaces gauches, leurs principales générations; plans tangents, raccordement de de deux surfaces sur une génératrice.

* Paraboloïde : son double mode de génération rectiligne; son sommet; son axe; ses plans principaux; sa représentation; ses sections planes. Paraboloïde de raccordement; paraboloïde normal.

* Conoïde : sa génération; sa représentation. Cône et cylindre circonscrits. Normale parallèle à une droite donnée, pour les conoïdes et pour les autres surfaces à plan directeur.

* Conoïde droit. Conoïde de la voûte d'arête en tour ronde; intersection avec un tore, de même hauteur, dont l'axe est sur la ligne de striction du conoïde.

* Hyperboloïde : sa représentation, son double mode de génération rectiligne; centre, cône asymptote, sections planes. Hyperboloïde de révolution. Hyperboloïde de raccordement.

(* Deux applications, dont une épure finie et un croquis.)

14e, 15e, 16e, 17e et 18e leçon.

* Héliçoïde gauche (filet de la vis triangulaire): sa génération, sa représentation; ses principales propriétés; ses sections planes; plans tangents. Cônes et cylindres circonscrits; détermination des génératrices auxquelles correspondent les branches infinies de la courbe de contact. Normale parallèle à une droite; recherche de l'hélice pour laquelle le plan tangent a une inclinaison donnée.

* Héliçoïde à plan directeur (surface du filet de la vis carrée): sa génération; sa représentation; plans tangents; cônes et cylindres circonscrits.

* Héliçoïde à noyau plein: sa génération; sa représentation; indications sur les sections planes et les plans tangents. Héliçoïde à noyau plein et à plan directeur.

• Héliçoïde de la vis à jour: sa génération; sa représentation; indications sur les sections planes; construction du plan tangent.

• Indications générales sur la surface du biais passé, sur la vis Saint-Gilles, le serpentin et les surfaces hélicoïdales à génératrices quelconques.

(• Deux applications au moins, dont une épure finie et un croquis.)

19e, 20e et 21e leçon.

• Courbure des lignes. Plan osculateur d'une courbe gauche ou à double courbure; surface développable enveloppe des plans osculateurs d'une courbe. Plans tangents à une surface développable, considérés comme osculateurs à son arête de rebroussement. Construction, en un point donné, du plan osculateur d'une courbe connue par ses projections. Angles de contingence. Angles de flexion. Normales principales formant une surface gauche. Surface développable enveloppe des plans normaux. Nombre infini des développées d'une courbe. Application à quelques courbes planes.

(• Une feuille d'applications diverses; croquis).

22e et 23e leçon.

• Courbure des surfaces. Surfaces convexes: ellipsoïdes osculateurs; ombilics; lignes des courbures sphériques. — Surfaces à courbures opposées. Les traces des plans limites sont osculatrices des sections normales correspondantes, et tangentes aux traces de la surface. Hyperboloïdes osculateurs en l'un des sommets. Hyperboloïde osculateur à une surface gauche, tout le long d'une génératrice. Rayon de courbure des surfaces de révolution. Courbure des surfaces développables; cylindres osculateurs.

(• Une feuille d'applications diverses; croquis.)

24e et 25e leçon.

• Courbe de contact d'un cône circonscrit à une surface du second degré. Position de son plan. Théorème des tangentes conjuguées.

• Étude des rebroussements que peuvent présenter les cônes circonscrits. Modifications qu'éprouvent alors les courbes de contact et de section, considérées comme lignes d'ombre ou de perspective. Méthode générale pour déterminer les points où ces modifications ont lieu. Méthode spéciale pour les surfaces de révolution et pour l'héliçoïde gauche.

(• Applications diverses qui peuvent se reporter sur les feuilles précédentes.)

26e et 27e leçon.

• Construction des tangentes au point multiple de la courbe d'intersection d'une

surface de révolution à courbures opposées, avec son plan tangent. Même question pour l'héliçoïde gauche.

* Théorie géométrique des lignes de courbure. Indications sur les lignes de courbure des surfaces de révolution, des surfaces gauches et des surfaces développables.

(* Applications diverses qui peuvent se reporter sur les feuilles précédentes.)

28e et 29e leçon.

* Tracé et principales propriétés des trajectoires orthogonales des sections parallèles d'un cylindre elliptique.

* Indications sur les trajectoires orthogonales des sections convergentes d'un cylindre ou d'un cône.

(* Applications diverses; croquis.)

PROJECTIONS COTÉES.

30e et 31e leçon.

Caractère distinctif des plans cotés. Cas où leur emploi est indispensable. Applications fréquentes à la topographie, à l'hydrographie, à la fortification, au tracé des routes et aux constructions navales.

Procédés graphiques dans ce système de projection.

Représentation d'un point d'une droite ou d'une courbe, et questions diverses.

Représentation d'un plan par son échelle de pente, ou par les sections horizontales tracées sur sa surface. Circonstances dans lesquelles on emploie l'un ou l'autre de ces modes.

Questions sur les positions relatives de la droite et du plan ou des plans entre eux.

(Applications à la représentation rigoureuse d'un terrassement limité par des plans inclinés, et questions diverses sur les polyèdres; épure.)

32e, 33e et 34e leçon.

Représentation des cônes et des cylindres.

Représentation approchée d'une surface dont la génération géométrique n'est pas connue, comme, par exemple, la surface du sol, à l'aide d'un système de sections horizontales et équidistantes. Ligne de plus grande pente, ligne d'égale pente, ligne de thalweg, ligne de faîte, ligne d'inflexions.

Intersection d'une droite et d'une surface, d'un plan et d'une surface, de deux surfaces. Développement approximatif d'une zone comprise entre deux plans horizontaux.

Plan tangent mené en un point d'une surface, par une droite extérieure à une surface. Cône tangent mené par un point extérieur à une surface. Plan tangent mené par un point extérieur à deux surfaces ou à une surface ondulée.

(Applications diverses des questions ci-dessus sur une même surface; épure.)

(Exemples divers de développements approximatifs de zones comprises entre deux plans parallèles; croquis.)

IIe PARTIE. — APPLICATIONS DE LA GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE.

Perspective et ombres.

35e, 36e, 37e, 38e et 39e leçon.

* Représentation des objets par plans, coupes et élévations.

* Perspective cavalière, perspective isométrique; application à divers exemples.

Perpective conique. Points de fuite; échelle de perspective; méthode des carreaux; choix du point de vue; perspective des lignes courbes; applications diverses.

Règles pour mettre une élévation en perspective. Moyens de retourner de la perspective au plan.

(Applications à une surface de révolution, à la vis triangulaire ou à filets carrés, à des formes d'architecture; deux épures et croquis.) — Nota. Il serait bon que ces perspectives fussent ensuites ombrées au crayon ou lavées d'une manière pittoresque sous les yeux du professeur de dessin.

* Perspective des images réfléchies, perpectives sur tableaux courbes. Méthode des carreaux; perspectives des panoramas.

40e et 41e leçon.

* Théorie de l'ombre. De l'ombre portée; de la pénombre; du point brillant; des courbes d'égale teinte; du rayon atmosphérique; des reflets; des arêtes éclairées et des arêtes obscures. Usage du trait de force et perspective des ombres.

* Étude des ombres de la vis à filets triangulaires et de la vis à filets carrés.

* Des ombres sur les plans cotés.

(* Application à la vis triangulaire ou carrée. Application à un exemple d'architecture ou de construction, renfermant les exemples les plus usuels, tels que ombres de cheminées, de lucarnes, de corniches, etc.; deux épures.)

(* Exercices de lavis et d'ombre au crayon sur les épures de la première partie du cours; deux croquis.)

Coupe des pierres.

42e leçon.
Principales formes des voûtes. — Tracé des épures.
Taille des pierres par équarrissement; taille directe.
Répartition des pressions. Division de l'intrados. Nature des surfaces de joint.

43e, 44e, 45e et 46e leçon.
Appareil d'un berceau horizontal droit, avec têtes verticales. Modifications qu'il faut apporter à l'appareil suivant le fruit des têtes, l'inclinaison de l'axe ou son biais, quand il est peu considérable.
Appareils du biais passé cylindrique et du biais passé gauche.
(Applications variées; une épure.)

47e, 48e, 49e et 50e leçon.
Solution générale du problème des biais : appareil orthogonal convergent; appareil orthogonal parallèle; appareil hélicoïdal.
(Applications variées; une épure complète.)

51e et 52e leçon.
Intrados conique : trompe biaise dans l'angle.
Intrados de révolution : voûtes sphériques; berceau tournant.
(Applications variées; une épure.)

53e leçon.
Intrados gauche : escalier vis à jour. Arrière-voussure et sou raccordement avec une voûte cylindrique.

54e, 55e et 56e leçon.
Intersection des surfaces dans les voûtes. Voûtes d'arêtes barlongues; voûte d'arête en tour ronde; voûte en arc de cloître; lunette, son raccordement ou sa pénétration.
(Applications variées, en substituant, lorsqu'il est possible, des plans aux surfaces gauches des joints.)

COUPE ET ASSEMBLAGE DES BOIS.

57e, 58e et 59e leçon.

Principaux modes d'assemblages et d'entures. Tracé des ételons. Equarrissement et piqué des bois. Tracé des assemblages.

(Exemples variés d'assemblages. Levers sur des modèles construits par d'habiles ouvriers; deux croquis.)

60e leçon.

Notions générales sur le mode d'action des forces dans les charpentes.

61e, 62e et 63e leçon.

Composition des combles, tracé des divers assemblages d'une croupe biaise; empanon déversé, empanon délardé.

(Ételons et herse d'une croupe biaise (à petite échelle) comprenant arêtier, noue, panne; détails d'un arêtier, d'une noue et de deux empanons, l'un délardé et l'autre déversé; deux épures.)

64e et 65e leçon.

Escalier en courbe rampante.

(Une épure.)

Le cours sera fait pendant les deux semestres de la première année d'études. Il contiendra soixante et dix leçons, y compris les concours.

La durée de chaque leçon sera d'une heure et demie, dont la première demi-heure sera consacrée, par le professeur, à une interrogation sur les matières de la leçon précédente.

Les dernières leçons de chaque semestre seront consacrées à la révision générale des matières enseignées durant le semestre.

Les professeurs et les répétiteurs suivront le travail des élèves dans les salles, durant toutes les études consacrées au cours.

Après chaque semestre, tous les élèves seront interrogés sur le cours entier, par le professeur et les répétiteurs.

III. MÉCANIQUE ET MACHINES.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Les élèves exécuteront, pendant la durée du cours :

1° Divers dessins ou levers de modèles en relief, représentant les organes essentiels et intérieurs des machines, tels que : articulations des bielles, manivelles et balanciers; coussinets à alimentation continue de graisse; excentriques à cames ou circulaires, faisant marcher des tiges; jeu de tiroirs, boîte de distribution; cylindres de machines à vapeur, condenseur, pistons et clapets divers; vis d'Archimède et autres pièces de machines.

2° Une épure d'engrenage conique, d'après la méthode du développement et du tracé des courbes de dents, par arcs de cercles enveloppes. On ne tracera en grandeur naturelle, ou à toute autre grande échelle, jugée convenable pour bien montrer la nature des opérations partielles, qu'une très-petite portion des dents, soit en développement, soit en projection. Néanmoins, l'épure fera connaître la méthode usuelle de projection où l'on remplace, dans les dessins à petite échelle, les dents par des pyramides tronquées à base de trapèze.

(Nota. Les croquis de levers seront tracés à la main et cotés; les dessins mis au net seront lavés et coloriés d'après le tableau des teintes conventionnelles; ils contiendront spécialement les tracés géométriques indiqués à la leçon du professeur, et porteront tous une échelle convenablement divisée.)

3° Enfin des exercices numériques, concernant les pertes de travail dues aux résistances nuisibles, dans diverses machines; le jaugeage des pertuis, orifices, etc. La marche à suivre, dans ces calculs, sera indiquée par les leçons du professeur; les données ou la nature de la question devront varier pour chaque élève. Le professeur et le répétiteur examineront ce travail; ils y mettront leurs annotations et visa.

Les élèves, divisés par sections convenables, feront une première visite dans les ateliers de machines vers la fin de la première année d'études; ils en feront une autre à la fin de la seconde année.

PREMIÈRE ANNÉE.

MÉCANIQUE DES MOUVEMENTS GÉOMÉTRIQUES, OU CINÉMATIQUE.

PRÉLIMINAIRES.

1re leçon.

* Espace, temps, repos et mouvements absolus ou relatifs. Mouvements apparents. — Trajectoire d'un point; continuité et direction du mouvement à un instant donné.

* Mesure du temps par le pendule et les chronomètres à repos ou à aiguilles de pointage.

2e leçon.

* Mouvement uniforme : ses conditions rigoureuses; sa vitesse. — Mouvement varié en général; accéléré ou retardé, périodique ou non périodique. Vitesse à un instant donné; ce qu'on nomme *vitesse moyenne*. — Les mouvements apparents du soleil (diurne et annuel) sont des mouvements périodiques. Ce qu'on nomme *temps vrai*, *temps moyen*.

* Données expérimentales relatives à la rapidité comparée de certains mouvements. — Moyens usuels d'observation. — Détermination de la vitesse relative des navires par un flotteur.

* Représentation et discussion de la *loi* d'un mouvement défini : 1° par des tables numériques; 2° par des formules ou équations; 3° par des courbes tracées géométriquement, au moyen d'abcisses et ordonnées, ou par coordonnées polaires. — Avantages des procédés graphiques, quand il s'agit de découvrir la loi purement expérimentale d'un mouvement non rigoureusement défini; de déterminer la vitesse à un instant donné; de rectifier même les anomalies dues aux erreurs d'observations; enfin d'interpoler de nouveaux résultats par un tracé assujetti à la loi de continuité.

3e leçon.

* Exemples et exercices divers : exposé succinct de la découverte toute géométrique, par Képler, des lois fondamentales du mouvement planétaire. Vitesse sur l'orbite, déduite de la deuxième loi. — Comme exemple d'un mouvement défini *à priori*, on indiquera celui qui se rapporte aux oscillations de la projection, sur un axe fixe, d'un

point qui se meut uniformément sur la circonférence d'un cercle, et l'on en déterminera la vitesse.

Mouvements simultanés de plusieurs points. — Mouvement d'un point rapporté, par ses projections, à deux ou à trois axes fixes. Rapports de sa vitesse ou de son déplacement élémentaire, à ceux de ses projections. Usage du triangle infinitésimal ou différentiel de Barow, pour déterminer ces rapports ainsi que la direction et la vitesse du mouvement sur une courbe donnée. — Vitesse *angulaire* d'une droite mobile autour d'un point fixe ou pôle. Vitesses simultanées des autres points de cette droite. — Décomposition du mouvement d'un point sur une courbe donnée, en un mouvement de circulation autour d'un pôle ou centre fixe, et en un mouvement de translation le long du rayon vecteur de cette courbe. Exemple relatif à la détermination, purement géométrique, de la vitesse angulaire du rayon vecteur des planètes, déduite de la deuxième loi de Képler, loi qui a déjà fait connaître la vitesse sur l'orbite. — Méthode de Roberval pour le tracé géométrique des tangentes. — Exemples relatifs à la conchoïde, à l'ellipse, etc.

Transformations géométriques du mouvement.

4ᵉ leçon.

Mouvements élémentaires des solides, ou *systèmes invariables.* — 1° Mouvement translatoire ou parallèle, qu'il soit ou non rectiligne : vitesse et déplacement simultanés des différents points. — 2° Mouvement rotatoire autour d'un axe, d'un centre, fixes ou donnés. Détermination de la vitesse des différents points par la *vitesse angulaire*. — Notions géométriques et théorèmes relatifs au centre *instantané* de rotation (expression d'Euler) d'une figure invariable et mobile dans un plan, ou à l'axe instantané de rotation d'un système invariable, situé dans l'espace et mobile parallèlement à un plan (1). — Détermination de ce centre par le concours des normales aux courbes que décrivent les différents points.—Tracé des tangentes à ces courbes; vitesse des différents points en fonction de leur vitesse angulaire commune, déduite de la vitesse d'un seul d'entre eux, etc. — Exemples simples, proposés comme exercices aux élèves.

Idée succincte de la classification des mouvements élémentaires, ou organes de transmission de mouvement.

---

(1) Voir la démonstration élémentaire de M. Hachette. Il ne s'agit pas là d'une rotation effective, attendu que les différents points du système décrivent simultanément, non des arcs de cercles, mais de véritables éléments rectilignes, taugents et nullement osculateurs aux courbes parcourues.

5e leçon.

Organes propres à assurer la direction du mouvement rotatoire ou translatoire de certaines pièces. — Arbres tournants; tourillons et coussinets, épaulements, pivots et crapaudines. — Accouplements d'axes; calage des roues et de leurs bras. — Articulations des bielles et boutons de manivelles, avec coussinets à clef et contre-clef. — Chapes et poulies. Chaînes, cordons et courroies. Moyen d'adhérence sur les gorges. — Galets avec ou sans gorge. — Rainures et languettes. — Œillets glissant le long de tiges rectilignes ou curvilignes. — Avantages et inconvénients de ces divers systèmes de guides. — Indication rapide de quelques-unes de leurs applications aux ponts tournants, aux châssis ou chariots mobiles des scieries et des chemins de fer.

6e leçon.

Transmission, à distance, du mouvement rectiligne, dans une direction et un rapport déterminés. — Plan incliné ou coin guidant une tige verticale. — Coins des presses. — Tiges et varlets. — Renvoi de sonnettes ou de poulies dans un même plan ou dans des plans différents; problème géométrique à ce sujet. — Poulies fixes et mobiles. — Moufles. — Treuils simples et différentiels, mus par des cordes. — Transmission par des colonnes de liquide. — Rapports de vitesses dans ces différents organes.

7e leçon.

Transformation directe du mouvement rotatoire continu en rectiligne continu ou intermittent. — Tige menée entre des guides : 1° par le simple contact d'une roue ; 2° par des lanières ou chaînes croisées; 3° par une came saillante (pilons, soufflerie, etc.); 4° au moyen d'une rainure spirale ou héliçoïde, établie sur l'arbre cylindrique de la roue. — Vis et écrous simples. — Vis différentielle de Prony, dite *micrométrique*.

On fera voir, par l'exemple de la came des pilons, comment la considération du triangle infinitésimal fait connaître immédiatement les rapports entre la vitesse angulaire de l'arbre, et les vitesses simultanées d'ascension du pilon et de glissement du mentonnet sur la came. On examinera les cas particuliers des cames cycloïdales et en développantes de cercle, qui servent à assurer la transmission uniforme du mouvement : en indiquant la génération de la cycloïde par le roulement d'un cercle, on montrera, d'après une observation due à Descartes, que le point de contact de ce cercle et de sa directrice n'est autre que le centre *instantané* de rotation du système invariable, entraîné par ce même cercle.

8e leçon.

Transformation du mouvement rotatoire ou circulaire continu, en circulaire continu :

1° par le contact de cylindres ou cônes nommés *primitifs*, les deux axes étant situés dans un même plan ; 2° par courroies, cordes ou chaînes sans fin, les axes étant dans la même situation; 3° par des cames ou des dents et rainures à très-petites saillies ; 4° par le joint hollandais ou universel. — Cas où les axes n'étant pas situés dans un même plan, il devient indispensable de se servir d'un axe intermédiaire à double cône ou à poulies de renvoi, si l'on ne veut pas recourir à l'engrenage de White perfectionné. — Vis sans fin, employée spécialement dans le cas de deux axes situés à angle droit. — Des combinaisons ou équipages de roues. — Idée des rouages différentiels.

9e leçon.

* *Transformation du mouvement circulaire continu en rectiligne ou circulaire alternatif.* — Excentrique circulaire avec bielle et manivelle. — Excentriques à ondes ou cames fermées. — Exemples et exercices relatifs aux jeux alternatifs des châssis de scieries, des tiroirs ou soupapes d'admission des machines à vapeur, etc. — Cames des marteaux et des balanciers de souffleries.

Transformation du mouvement circulaire alternatif en rectiligne alternatif ou en circulaire intermittent et progressif. — Balanciers des pompes avec ou sans secteurs circulaires, avec ou sans bielles. — Exemples pris dans les grandes pompes d'épuisement, les pompes à incendie et domestiques. — Indication des meilleurs dispositifs. — Levier à Lagarousse, pied de biche des scieries.

Montrer comment le principe relatif au centre instantané de rotation, peut servir à trouver les rapports de vitesses dans le système de la bielle et de la manivelle.

10e leçon.

Transformation du mouvement alternatif, circulaire ou rectiligne, en circulaire continu. — Pédale du remouleur. — Système des grandes machines à manivelles, bielles, balanciers et volants. Parallélogramme articulé de Watt et ses dérivés les plus simples, pour bateaux à vapeur, par exemple. — Proportions les plus favorables pour éviter la déviation des tiges de pistons. — Suppression du balancier dans les machines à vapeur modernes de Maudslay, de Cavé, etc.

11e leçon.

Des organes servant à modifier brusquement le mouvement. — Suspenseurs ou modérateurs ; manchon mobile par glissement ou rotation. — Roues et poulies folles. — Rouleaux de tension dans les tire-sacs, etc. — Mécanisme pour tendre les cordes ou courroies et les changer de poulies pendant la marche. — Frein des moulins à vent, des voitures, etc. — Embrayages et désembrayages ; manchons à gorge et levier. — Embrayage à vis, avec cônes de friction, à griffes ou à saillies et rentrants. — Ma-

nœuvre des embrayages. — Cas où les axes sont rendus mobiles. — *Moyens* servant à changer le sens et la vitesse du mouvement : embrayage double de Prony ; poulies accouplées et alternes ; cônes alternes ; roulettes mobiles par glissement et rotation sur un plateau ou un cône tournant. — *Moyens* de changer brusquement, et par intervalles, le mouvement : roues à détente ; déclics ; roues à rochet.

COMPOSITION DES MOUVEMENTS.

12[e] leçon.

* *Vitesses simultanées d'un point.* — Comment un point peut être à la fois animé de plusieurs mouvements indépendants dans différentes directions. — Exemple de ce qui arrive à la surface de la terre, dans un bateau, etc., où il s'agit de mouvements purement relatifs à des objets que l'on considère, au moins momentanément, comme fixes. — Parallélogramme des vitesses. — Relations algébriques entre la résultante et les composantes. — Polygone des vitesses. — La résultante ne dépend pas de l'ordre de succession des côtés. — Parallélipipède des vitesses et formules qui en dérivent. — Détermination de la résultante générale : 1° géométriquement, par la considération des projections du polygone ou des vitesses sur deux plans arbitraires ; 2° par le calcul, au moyen de leur projection sur deux ou trois axes rectangulaires, et en ayant égard à la loi des signes, en projection.

13[e] leçon.

* *Mouvements simultanés et indépendants d'un système invariable.* — La composition des vitesses de translation d'un système invariable revient à celle des points isolés. — Composition de deux rotations simultanées, à axes parallèles ou concourants. — Composition d'un nombre quelconque de rotations, et, plus spécialement, décomposition d'une rotation quelconque en trois autres, dont les axes, rectangulaires entre eux, sont donnés. — Décomposition directe du mouvement le plus général d'un corps en un mouvement de rotation et de glissement, relatifs à un axe dit *instantané* (1). — Cas d'abord envisagé par Euler, où l'un des points du corps est censé

---

(1) Pour arriver à ce résultat, on se fonde ordinairement sur les théorèmes relatifs à la composition du mouvement de rotation ou aux couples de rotation ; mais il est plus élémentaire de choisir arbitrairement trois points du système invariable proposé ; de transporter, parallèlement à elles-mêmes, les vitesses de ces trois points, en leur donnant une extrémité commune ; puis de remarquer que, si l'on abaisse de cette extrémité une perpendiculaire sur le plan des trois autres, elle indiquera la grandeur et la direction de la translation commune, tandis que le plan dont il vient d'être parlé indiquera, en quelque sorte, celui de la rotation correspondante. En se reportant ensuite aux trois points du système invariable, on déterminera, sans difficulté, la position de l'axe instantané, en projetant le système sur un plan parallèle au plan de la rotation commune.

immobile. — Composition de deux mouvements quelconques. — Tout mouvement d'un système invariable est, à un instant donné, décomposable fictivement en trois mouvements de rotation et en trois mouvements de translation par rapport à des axes fixes, rectangulaires et choisis à volonté.

14ᵉ et 15ᵉ leçon.

* *Des mouvements combinés, relatifs et apparents.* —Mouvement relatif de deux points dont les mouvements absolus sont censés donnés *à priori.* — Positions contemporaines de ces points sur leurs courbes respectives.—Trajectoire du mouvement relatif; vitesse et déplacements relatifs sur les courbes ou sur la direction de la distance mutuelle des deux points. — Usage du parallélogramme pour en déterminer la grandeur.—Notions qui en dérivent. — Mouvement relatif d'un point mobile, par rapport à un corps qui tourne autour d'un axe censé fixe; de deux corps qui tournent autour d'axes pareils, et, en général, de deux corps ou systèmes invariables animés de mouvements quelconques. — Comment ce problème est immédiatement ramené à celui de la composition de mouvements donnés.— Notions géométriques sur le glissement *relatif* de deux solides en contact. — Recherches du glissement relatif d'un cône ou d'un cylindre cheminant et tournant sur un plan. —Exemples concernant le glissement des roues de locomotives sur les rails de chemins de fer. —Glissement relatif de deux cames ou dents de forme quelconque continue, conduisant deux axes de rotation.

* Mouvement épicycloïdal d'une courbe roulant sur une autre dans un plan; d'un cône roulant sur un autre dans l'espace.—Le mouvement continu le plus général d'une figure invariable dans un plan, est un mouvement *épicycloïdal*, dans lequel le centre instantané décrit une courbe fixe par rapport à l'espace absolu, et trace, d'un mouvement relatif, dans l'intérieur de la figure proposée, une courbe mobile liée à cette figure, et qui l'entraîne dans son roulement autour de l'autre courbe fixe. — Cas de l'espace ou des figures sphériques.

16ᵉ leçon.

Moyens d'observation et appareils propres à découvrir expérimentalement la loi d'un mouvement. — Procédés simples mis en usage, par Galilée et Coulomb, dans leurs expériences relatives au plan incliné et au glissement des traîneaux. Moyens divers d'observer et de découvrir la loi du mouvement translatoire ou rotatoire d'un corps, selon que ce mouvement est lent ou rapide. Détermination de la vitesse angulaire, etc. — Compteur des machines. — Appareil de Mattéi et de Grosbert pour apprécier la vitesse initiale des projectiles (balles de fusil). — Appareils chronométriques à indications continues au moyen d'un style. —Appareil à bandes d'Eytelwein, et ses dérivés les plus simples. — Appareils à cylindre ou à disques tournants. — Usage du

diapason d'après M. Wertheim, pour apprécier, avec justesse, les très-petites fractions du temps.

Nota. On fera fonctionner les principaux de ces appareils sous les yeux des élèves.

DE L'ACCÉLÉRATION DANS LES MOUVEMENTS GÉOMÉTRIQUES.

17e leçon.

* *Du mouvement uniformément varié d'un point (accéléré ou retardé).* — Les vitesses croissent ou décroissent de quantités proportionnelles aux temps écoulés. — Représentation analytique et géométrique de cette loi. — La vitesse acquise dans chacune des unités de temps, est une vitesse *accélératrice* ou *retardatrice*, selon les cas. Par abréviation, on la nomme l'*accélératrice* ou l'*accélération* constante (positive ou négative) du mouvement. — Relation entre les espaces parcourus et les temps écoulés. — Démonstration analytique de cette loi. — Considérations géométriques qui remplissent le même but et ont guidé Galilée dans la découverte des principales propriétés du mouvement uniformément accéléré, inconnu avant lui. — Exemple relatif à la chute des corps dans le vide. — Valeur de l'accélération constante g, à Paris. — Formules usuelles. — Cas de l'ascension verticale. — Exercices numériques.

18e leçon.

* *De l'accélération dans le mouvement varié en général (progressif ou rétrograde).* — Relation entre les vitesses et les temps, exprimée algébriquement, par une table ou par une courbe. — Détermination de la vitesse accélératrice à un instant donné : 1° analytiquement ou par la différentiation; 2° géométriquement ou par le tracé d'une tangente. — Détermination de l'espace parcouru en fonction du temps, au moyen d'une intégrale rigoureuse ou d'une quadrature approximative.

* Indication rapide de la solution des six problèmes relatifs à la recherche des lois du mouvement en fonctions de l'espace, du temps, de la vitesse et de l'accélération. — La plupart de ces solutions, qui ont occupé Newton et les Bernoulli, se ramènent aux quadratures rigoureuses ou approchées. — Indication succincte des méthodes de quadratures les plus en usage et les plus rapides. — Exercices numériques relatifs à l'aire de l'hyperbole équilatère ou au calcul d'un logarithme.

* Comme exemple d'un mouvement varié, défini *à priori*, on reviendra au mouvement oscillatoire de la projection, sur un axe fixe, d'un point qui se meut uniformément sur un cercle, déjà étudié sous un autre aspect, et l'on fera voir que la vitesse accélératrice du mobile est proportionnelle à la distance de celui-ci, à la projection du centre du cercle fixe.

19[e] leçon.

• *Composition des accélérations ou des vitesses accélératrices.* — Les accélérations indépendantes ou relatives, dont on peut supposer qu'un point est animé, en général, se composent et se décomposent entre elles, absolument comme les vitesses simples (1). — Décomposition de la vitesse d'un point mobile sur une courbe, en deux, dont l'une soit celle qu'il possédait l'instant d'auparavant, et dont l'autre est la vitesse acquise ou perdue, nommée *l'accélération élémentaire et centripète* du point. — Une décomposition inverse opérée sur la vitesse antécédente, donne lieu à *l'accélération centrifuge.* — Dans le cas du mouvement uniforme, les accélérations centripète et centrifuge deviennent normales à la courbe. — Cas particulier du cercle. — Expression de la vitesse accélératrice, normale, en fonction du rayon de courbure ou de l'angle de contingence. — Dans le cas général où l'accélération est oblique à la trajectoire du mobile, cette accélération est décomposable en deux autres, dont la première est normale et la seconde tangentielle à la courbe.

• *Accélération dans les mouvements combinés ou relatifs.* — Recherches purement géométriques des accélérations simples et composées, auxquelles donne lieu l'hypothèse où l'on rapporte le mouvement d'un système de points quelconques à un autre système invariable de forme, mais également en mouvement.

• Les résultats obtenus par Coriolis, au moyen de la transformation des coordonnées, seront ici exposés géométriquement et élémentairement.

DE L'ACCÉLÉRATION DANS QUELQUES MOUVEMENTS NATURELS.

20[e] leçon.

• Loi de l'inertie relative à un point matériel. — Pesanteur terrestre. — L'accélération verticale qu'elle imprime aux corps est indépendante du mouvement déjà acquis et du sens de ce mouvement. — Quand le corps est posé sur un plan horizontal, l'accélération de la pesanteur est détruite; il en résulte une pression nommée le *poids* du corps, et qui n'a par elle-même aucune influence directe sur le mouvement.

• Mouvement idéal d'un point soumis à l'accélération de la pesanteur sur un plan ou

(1) On établit facilement cette proposition en construisant les polygones des vitesses, relatifs à deux instants consécutifs, ou dont l'intervalle est supposé infiniment petit, et donnant à ces polygones un même point d'origine: les intervalles des sommets homologues représentent les accélérations infiniment petites correspondantes aux vitesses ou côtés qui les précèdent à partir de l'origine commune, et chacune de ces accélérations est la résultante de celles qui la précèdent immédiatement.

une droite inclinée à l'horizon. — Décomposition de l'accélération g, en deux autres dont l'une, normale au plan incliné, est détruite par la présence du plan, et la seconde, parallèle à ce même plan, produit le mouvement uniformément accéléré sur ce plan. — La vitesse au bas du plan est indépendante de l'inclinaison.

* Théorème de Galilée relatif à la descente d'un mobile le long de cordes diversement inclinées dans un cercle vertical, et partant du sommet de ce cercle. — Mouvement d'un point pesant sur un pareil cercle, ou mouvement pendulaire. — Il a lieu comme sur une série de cordes ou de petits plans diversement inclinés. — La vitesse au bas du cercle ne dépend que de la hauteur de chute. — Démonstration expérimentale de Galilée (1).

Formule et lois des petites oscillations du pendule simple ou idéal. — Démonstration géométrique et élémentaire de cette formule. — Conditions sous lesquelles elle se vérifie par l'expérience; il en résulte la détermination de g pour les divers lieux de la terre.

21e leçon.

La loi de l'indépendance de la pesanteur, par rapport au mouvement vertical ascensionnel des corps pesants, se fait également apercevoir dans le mouvement des projectiles sous une vitesse initiale oblique à l'horizon. — Déduire de là et de la loi d'inertie, comme l'ont fait Galilée et Torricelli, c'est-à-dire sans calcul ni transformation algébriques, l'équation de la trajectoire parabolique dans le vide, rapportée à la direction de la vitesse initiale et de la verticale du point de départ, considérées comme axes obliques, les directions de la pesanteur ou des chutes verticales étant supposées sensiblement parallèles, à cause de la petite étendue de la portée horizontale du jet. — En décomposant la vitesse initiale en une vitesse horizontale qui, en vertu de la loi d'inertie, n'est point altérée, et en une vitesse verticale qui est diminuée par la pesanteur, aux différents instants, on posera également l'équation de la trajectoire en coordonnées rectangulaires, sans transformations algébriques. — Détermination de la hauteur et de la portée du jet en fonction de la vitesse initiale (2). — Angle du maximum de portée.

---

(1) Il se sert à cet effet d'un long pendule qui éprouve un raccourcissement brusque à son arrivée sur la verticale, où le fil de suspension rencontre, à une certaine hauteur, un obstacle qui change la courbure du cercle sans empêcher la balle de remonter à la même hauteur de l'autre côté de la verticale. — Huygens, auquel on doit la première démonstration géométrique de la loi du pendule, en a conclu directement le principe qui porte son nom, de *l'égalité entre la montée et la descente des poids*, et revient au *principe de la conservation des forces vives*.

(2) Cette relation est très-utile à connaître pour l'hydraulique, et c'est même par la mesure des jets liquides, sortant d'orifices diversement inclinés et pratiqués dans la face d'un réservoir, que Torricelli a éclairci et vérifié les lois du mouvement parabolique, découvertes par Galilée.

22[e] leçon.

Mouvement idéal d'un point pesant sur un cercle horizontal fixe. — Accélération centrifuge qui en résulte. — Rapport de cette accélération à celle g, de la pesanteur. — Exemple relatif au pendule conique circulaire d'Huygens, obligé de tourner uniformément autour d'un axe vertical.

* La lune et les autres satellites décrivant, d'un mouvement relatif, sensiblement uniforme, autour du centre supposé fixe de leurs planètes principales, et celles-ci autour du soleil (Mars excepté), des orbites qui s'écartent assez peu de la forme circulaire, déduire immédiatement, avec Newton, de la durée de leurs révolutions respectives et des lois de Képler, que les accélérations normales, centripètes, qui les retiennent sur leurs cercles ou les empêchent, à chaque instant, de suivre la direction des tangentes, sont en raison inverse des carrés des distances au centre de circulation (1).

* On insistera particulièrement sur l'accélération ou gravitation lunaire et sur son rapport, en nombre, avec celle des corps placés près de la surface de la terre, et l'on en conclura que l'accélération relative à un même corps, transporté à des hauteurs différentes au-dessus de cette surface, décroît précisément dans la raison indiquée.

MÉCANIQUE DES FORCES OU DYNAMOMÉTRIE.

PRINCIPES FONDAMENTAUX DE LA MÉCANIQUE MOLÉCULAIRE DES SYSTÈMES DE POINTS MATÉRIELS.

23[e] leçon.

* Résumé succinct des notions relatives à la constitution physique ou moléculaire des corps, à l'inertie, aux forces en général, considérées comme cause de mouvement, à la pesanteur ou au poids, aux attractions et répulsions moléculaires, à la réaction de l'inertie, ou à ce qu'on nomme la force d'inertie. — Tout corps peut être considéré comme un composé de molécules matérielles à distance, et qui sont soumises à des actions mutuelles, égales et réciproques.

---

(1) Il serait inutile d'insister sur la vérification de cette loi pour le mouvement elliptique d'une même planète, quoiqu'on en possède diverses démonstrations très-simples et purement géométriques, dont l'une est due à l'illustre Ampère; car cette vérification trouve sa place naturelle dans les applications du Cours d'analyse à la mécanique. (Voir le programme de ce cours.)

24e leçon.

• Récapitulation des notions relatives à la composition et au travail effectif ou *virtuel* des forces élémentaires agissant sur un point matériel libre. — Condition de l'équilibre de ces forces pour tout déplacement virtuel de leur point d'application. — Comment on peut concevoir que l'équilibre ait toujours lieu pendant le mouvement, en ayant égard à la réaction de l'inertie, ou en introduisant une force égale et directement contraire à celle qui serait, à elle seule, capable de produire le changement de mouvement, c'est-à-dire l'accélération reçue par le point matériel à l'instant considéré. — On montrera comment on arrive immédiatement aux équations relatives à la projection des déplacements et des forces sur trois axes rectangulaires entre eux.

25e leçon.

• Travail relatif à l'action mutuelle et réciproque de deux points matériels animés de mouvements absolus et quelconques dans l'espace. — Il ne dépend que de la variation de la distance mutuelle. — Il est nul quand cette distance demeure invariable. — Son expression dans le cas général.

• Conditions de l'équilibre d'un système de points matériels soumis à des actions mutuelles, aux réactions de l'inertie et à des forces extérieures quelconques, émanant de molécules qui appartiennent à d'autres corps ou systèmes. — La somme de travail doit être nulle, non-seulement pour les mouvements effectifs de molécules, mais aussi pour tout déplacement virtuel ou géométrique commun aux différents points du système. — En d'autres termes, la somme des travaux moteurs doit être égale à la somme des travaux résistants pour tous ces déplacements (1). Cas hypothétique de la solidification complète, où toutes les forces intérieures disparaissent de l'équation du travail. — Cette simplification n'est point admissible pour les réactions tangentielles ou frottements qui naissent du contact mutuel des pièces distinctes, non plus que pour les changements brusques ou chocs qui produisent des déformations permanentes, etc. — Dans le cas général, les forces moléculaires donnent lieu, comme on l'a vu, à des termes ou travaux qui ne dépendent que de la variation de la distance mutuelle des molécules, et que l'on détermine ou calcule d'après les données physiques de l'expérience. — Cas divers où il devient permis de négliger la considération des forces ou résistances dues à l'inertie des points matériels. — Les composantes relatives aux accélérations normales centrifuges disparaissent toujours de l'équation relative aux mouvements effectifs des points matériels.

• Le principe du travail, tel qu'il vient d'être énoncé d'une manière générale, ayant lieu

(1) Cet énoncé général est évident, puisqu'il a lieu pour chacune des molécules prises en particulier, et en leur attribuant des déplacements virtuels arbitraires.

pour un système quelconque de points matériels, est naturellement applicable aussi à un ensemble quelconque de corps ou de systèmes matériels, comme à une portion finie qui en serait détachée par la pensée, pourvu qu'on ait égard aux actions et réactions qui viennent du dehors, en traversant la surface limite imaginée ou les surfaces de contact mutuel des corps. — Idée de la mécanique des liaisons.

APPLICATIONS DE CES PRINCIPES.

26e et 27e leçon.

Mesure effective des forces et du travail. — Notions relatives à la mesure des résultantes de pression et de tension, au moyen de poids. — Dynamomètres à lames parallèles et à hélices. — Unité de force, *kilogramme.* — Notions physiques relatives au travail mécanique des forces dans diverses opérations des arts, telles que sciage, limage, burinage, etc. — Il est la véritable mesure de l'activité des forces motrices dans l'industrie. — On peut toujours le calculer quand on a la loi mathématique ou expérimentale de la force par rapport aux chemins parcourus, soit rigoureusement, soit approximativement ou par quadrature. — Unités de travail, conventions et dénominations admises. — Travail constant ou uniforme, travail périodique. — Unité nommée *cheval dynamique.* — Exemples relatifs au tirage direct d'un traîneau, d'une voiture, en supposant la résistance fournie par le dynamomètre; à l'allongement d'un prisme de fer, dont la loi est observée directement; à l'élévation des fardeaux; à la détente des gaz dans l'hypothèse de la loi de Mariotte. — Formules approximatives ou pratiques pour calculer ce dernier travail, fondées sur les méthodes de quadrature. — On fera des exercices numériques.

28e leçon.

Appareils dynamométriques à indications continues. — Indicateur de Watt à cylindre tournant, perfectionné par Mac-Naught. — Indicateurs à bandes et à disques tournants, propres à donner directement la loi des forces ou résultantes, en fonction de chemin parcouru par leurs points d'application. — Compteurs servant à totaliser directement le travail continu des forces appliquées aux machines ou à effectuer mécaniquement des quadratures.

On fera fonctionner ces appareils sous les yeux des élèves (1).

29e leçon.

* *Indications succinctes de quelques applications du principe du travail aux machines.* —Rapport des forces extrêmes ou de la puissance à la résistance, dans diverses trans-

(1) Ils existent la plupart au Conservatoire des arts et métiers.

missions de mouvement, notamment dans le système de la manivelle et de la bielle poussant un châssis vertical, déjà étudié précédemment au point de vue géométrique, et que l'on traitera ici encore, dans l'hypothèse abstraite où l'on néglige toutes les forces étrangères à la puissance et à la résistance utile. — Cas où il est permis de négliger, sans trop d'erreur, l'influence des réactions moléculaires et de l'inertie dans les machines. — Principe relatif au travail régulier ou uniforme des machines. — Notions sur lesquelles se fonde la vieille maxime : *On perd en temps ou en vitesse ce qu'on gagne en force, etc.*

30e et 31e leçon.

On montrera rapidement, par l'exemple de la presse hydraulique, le rôle que jouent, dans l'état réel et physique des choses, les différentes forces ou réactions moléculaires, ainsi que l'inertie des liquides et des solides mis en mouvement par le piston moteur. Comment on doit entendre alors la transmission du travail; quelles sont les actions négligeables ou dont il convient de tenir compte d'après l'expérience; enfin, comment, en négligeant toutes ces résistances accessoires, et qu'il serait impossible de calculer *à priori*, on retombe sur le principe de Pascal et ses conséquences.

Considérations générales, physiques ou expérimentales, relatives au travail régulier des moteurs animés sur les machines. — Résultat des expériences de Coulomb et autres observateurs à ce sujet. — Notions succinctes sur le mode d'action du moteur suivant le dispositif de la machine. — Le principe du travail dispense de se préoccuper de la complication et de la variabilité de ce mode. — Tableaux des résultats de l'expérience. — Emploi de ces données pour fixer approximativement les bases mécaniques de l'établissement de quelques machines usuelles, telles que le cric, la grue anglaise ou le treuil à engrenages, dont on se sert dans les ateliers de construction et les travaux de bâtiment (1).

DEUXIÈME ANNÉE.

ÉQUILIBRE ET STABILITÉ DES CORPS SOLIDES.

1re leçon.

* Conditions générales sous lesquelles il devient permis de supposer l'invariabilité de forme des solides élastiques, ou d'en négliger les déformations et les actions intérieures. — Travail et équilibre des forces appliquées à un solide : 1° quand il ne peut

(1) Le calcul exact des résistances noisibles ou molécolaires ne pouvant se faire dans cette partie du Cours, on admettra, conformément à des données d'expérience et à ce qui se pratique dans l'industrie, que le travail qu'elles absorbent s'élève du quart au tiers du travail utilisé, selon la complication plus ou moins grande du mecanisme.

que cheminer parallèlement sans tourner; 2° quand il ne peut que tourner autour d'un axe fixe, sans glisser; 3° quand il n'a que la liberté de se mouvoir parallèlement à un plan fixe; 4° enfin quand il est entièrement libre dans l'espace (1). — Exposé rapide des propriétés essentielles des couples. — Composition des moments, des aires et des couples. — Résultante générale des forces; résultante générale des moments.

2° et 3° leçon.

Récapitulation relative aux forces parallèles, aux moments et au centre de gravité des systèmes pesants; notions physiques, notions géométriques. — La projection du centre de gravité d'un système de points matériels sur un axe ou un plan arbitraire, se confond avec le centre de gravité même de la projection du système sur cet axe ou ce plan. — Corps homogènes. — Méthode graphique par laquelle on peut construire immédiatement le centre de gravité d'un triangle, d'un tétraèdre, d'un prisme, tronqués ou non, etc., en projection sur des plans choisis à volonté. — Indication de la méthode analytique. — Cas des corps de densité et de forme quelconques, continus ou discontinus. — Méthode expérimentale. — Méthode par tranches planes parallèles, auxquelles on applique les formules de quadratures approximatives. — Applications relatives à la cubature des prismes et des cylindres tronqués. — Méthode centrobarique de Pappus ou Guldin.

4° leçon.

Principes relatifs à l'équilibre des systèmes pesants. — Le travail relatif à un déplacement quelconque d'un système de poids, est le même que si l'on supposait ces poids concentrés en leur centre de gravité commun. — Conséquence relative aux machines à poids. — Les positions d'équilibre, stables ou instables, correspondent aux points les plus bas ou les plus élevés de la courbe décrite par le centre de gravité du système. — Influence de l'excentricité ou du défaut de centrage des roues, sur l'équilibre et le mouvement d'une machine. — Cas où le centre de gravité restant à la même hauteur, l'équilibre est *indifférent.* — Exemples relatifs aux plus simples ponts-levis, etc.

5° leçon.

Résumé rapide de quelques notions élémentaires relatives à la stabilité des corps pesants, posés sur des plans horizontaux ou inclinés, en ayant égard aux réactions normales et parallèles du plan, ainsi qu'à l'action des forces qui peuvent le solliciter vers le haut. — *Moment de stabilité.* — Influence de la hauteur des corps, etc.

(1) Pour établir les trois équations d'équilibre relatives au 3° cas et les six équations relatives au 4°, on aura recours aux principes démontrés en cinématique et en vertu desquels on peut toujours représenter le mouvement le plus général d'un corps par d'autres mouvements de rotation ou de translation relatifs à des axes fixes rectangulaires, etc.

Exemples divers : murailles, revêtements et voûtes. — Ce qu'on nomme *coefficient de stabilité*. — La rupture de l'équilibre se fait toujours en des points qui donnent la moindre valeur au travail ou au moment nécessaire pour le renversement. — Indication rapide des idées de Coulomb à ce sujet. — Courbe et polygone des résultantes de pression, relatives à des massifs de pierres ou de voussoirs superposés, d'après MM. Moseley et Méry.

6e leçon.

Notions succinctes relatives à la poussée des terres contre les revêtements, en supposant ceux-ci arrasés, à leur sommet, par un plan de niveau ou incliné.

Condition de l'équilibre d'une corde, d'une verge ou barre prismatique sollicitée par des forces quelconques aux deux bouts. — Tension de la barre. — Équilibre du polygone funiculaire, en se fondant sur des considérations directes et géométriques. — Théorème de Varignon relatif à la loi des tensions. — Elle est donnée par un autre polygone, dont les côtés ont des longueurs parallèles et proportionnelles aux forces qui en sollicitent les sommets. — Cas des ponts suspendus. — Recherche de la courbe qui contient les sommets de la chaîne de suspension.

7e, 8e et 9e leçon.

Notions fondamentales relatives à la résistance des solides tirés ou pressés dans le sens de leur longueur. — Ce qu'on nomme *coefficient* d'élasticité et de rupture, charge permanente, limite d'élasticité, etc. — Données de l'expérience à ce sujet. — Théorie élémentaire de la résistance, des solides élastiques, à la flexion. — Existence de la fibre *neutre* ou *invariable*. — Prismes encastrés ou non encastrés, mais reposant alors librement sur deux appuis horizontaux et chargés d'un seul poids. Ce qu'on nomme *moment d'inertie*, moment d'élasticité des sections transversales. — Cas du triangle, du rectangle et du cercle plein ou évidé. — Tracé géométrique de la courbe élastique, au moyen de ses rayons de courbure; cas où elle prend la forme du cercle. — Solides d'égale résistance encastrés, ou non encastrés. — On fera quelques applications numériques des formules.

MÉCANIQUE DES MOUVEMENTS IMPRIMÉS PAR LES FORCES, OU DYNAMIQUE DES SYSTÈMES.

PRÉLIMINAIRES RELATIFS AU MOUVEMENT RECTILIGNE OU CURVILIGNE DES POINTS MATÉRIELS LIBRES.

10e Leçon.

Résumé des notions qui concernent la pesanteur considérée comme force accélé-

ratrice constante. — Loi de l'indépendance des forces par rapport au mouvement déjà établi. — Proportionnalité des forces aux accélérations. — Expression de la masse, de la quantité de mouvement, de la force motrice et de la force d'inertie d'un point matériel.

11e leçon.

• Les forces appliquées à un point matériel se composent comme les accélérations qu'elles lui imprimeraient séparément s'il était libre. — Ce qu'on nomme quantité de mouvement, force vive d'un point matériel ou d'une masse quelconque animée d'un mouvement parallèle. — Exemples relatifs à la chute des corps pesants. — Relation entre la force vive et le travail dans ce cas; entre la quantité de mouvement et le produit de la force par la durée de l'action, nommée *action momentanée* par D. Bernoulli, *impulsion* par d'autres.

12e leçon.

Mouvement d'un point matériel libre soumis à l'action d'une force motrice ou résultante de forces. — Composante tangentielle et normale ou centripète. — Force centrifuge et force d'inertie tangentielle. — Le mouvement, dans le sens de la courbe, est uniquement dû à la composante tangentielle de la force motrice. — Équation des forces vives. — Équation relative à la quantité de mouvement acquise sur la courbe. — Le mouvement de la projection du point matériel sur un axe fixe quelconque, est dû à la projection même de la force sur cet axe, et les équations ci-dessus lui sont directement applicables. — En projection sur un plan quelconque, le mouvement est également dû à la projection de la force motrice sur ce plan. — Théorème relatif aux moments de la quantité de mouvement et de l'impulsion par rapport à un point choisi à volonté sur le plan de projection. — Cas où la force passe constamment par un point fixe pris pour centre des moments. — Le moment de la quantité de mouvement reste constant en projection. — Principe des aires.

PRINCIPES GÉNÉRAUX RELATIFS AUX SYSTÈMES DE POINTS MATÉRIELS.

13e, 14e, 15e et 16e leçon.

Extension immédiate des équations et principes ci-dessus, à un nombre quelconque de forces appliquées à un point matériel libre, ou à un nombre quelconque de points pareils soumis à des forces motrices données. — Cas où ces points sont, en outre, soumis à des actions et réactions mutuelles. — Ces actions et réactions disparaissent des équations relatives aux projections des quantités de mouvement et de leurs mo-

ments. — Elles donnent lieu à une somme de travail qui ne dépend que du déplacement relatif des molécules dans l'équation des forces vives, et qui disparait, à son tour, dans l'hypothèse de la solidité ou de l'invariabilité des distances mutuelles.

Applications et conséquences diverses tirées de l'équation relative à la projection des quantités de mouvement sur un axe fixe. — Recul des bouches à feu. — Eolypile. — Ascension des fusées. — Choc des veines liquides contre un plan ou une surface. — Choc direct des sphères. — Échange de quantité de mouvement. — Perte de force vive dans diverses hypothèses. — Influence des vibrations et des déplacements moléculaires persistants. — Exemple relatif au battage des pilots. Avantage des gros moutons.

Lois des oscillations d'un prisme élastique vertical, suspendu à un point fixe et chargé d'un poids, en négligeant l'inertie et le poids des parties matérielles de ce prisme.—Cas d'un choc vif.—Ce qu'on nomme *résistance vive* d'un prisme à la rupture. — Résultats d'expériences.

17[e] et 18[e] leçon.

Principe de la conservation du mouvement du centre de gravité. — Dans le cas général, ce centre, purement fictif, se meut comme si toutes les masses y étaient concentrées, et que, en outre, les forces extérieures y fussent directement appliquées. — Exemple d'une bombe projetée dans l'air, etc. — Ce qu'on nomme principe de la conservation des mouvements translatoire et rotatoire (Euler); principe de la conservation des aires; principe de la conservation des forces vives. — Conditions et restrictions sous lesquelles ils ont lieu.

La force vive d'un système de points matériels peut toujours être décomposée en deux autres, dont l'une est celle qui aurait lieu si toute la masse était concentrée en son centre de gravité, et dont l'autre est la somme des forces vives dues aux mouvements relatifs des diverses molécules par rapport à ce centre (1). — Cas où cette dernière force vive peut être négligée. — Exemple des projectiles. — Évaluation approximative et numérique du travail développé par la poudre sur les projectiles d'après la force vive qui leur est imprimée.

DYNAMIQUE DES SOLIDES OU SYSTÈMES INVARIABLES.

19[e] et 20[e] leçon.

La force vive totale d'un solide peut être décomposée en deux autres, dont l'une est

(1) La démonstration peut se réduire à quelque chose de très-simple par la voie directe ou géométrique.

relative au mouvement translatoire, et l'autre au mouvement rotatoire par rapport à l'axe instantané de rotation et de glissement. — Expression de la force vice relative au mouvement translatoire. — Force vive du mouvement rotatoire. — Moment d'inertie par rapport à l'axe. — Méthode géométrique pour déterminer le moment d'inertie des corps homogènes, en les divisant en tranches parallèles à deux plans rectangulaires. — Ce qu'on nomme *rayon de gyration*. — Moments d'inertie tout calculés pour l'arbre cylindrique d'une roue, d'une sphère, d'un anneau ou jante de roue, d'un parallélipipède rectangle, employé comme bras de roue, etc.

Moment d'inertie par rapport à un axe parallèle à celui qui contient le centre de gravité du solide. Notions relatives aux axes principaux des corps et à l'ellipsoïde central.

Somme des moments des quantités de mouvement d'un solide tournant autour d'un axe fixe. — Somme des moments des forces d'inertie tangentielles.

21e et 22e leçon.

Expression de la force centrifuge d'un point matériel qui tourne autour d'un axe fixe. — La force centrifuge d'une tranche plane d'un solide, faite perpendiculairement à l'axe de rotation, est la même que si cette tranche était concentrée en son centre de gravité. — Cas de la sphère, d'un cylindre, d'un corps quelconque dont les centres de gravité des tranches sont sur une droite parallèle à l'axe. — Jante de roue concentrique à l'axe. — Calcul de l'effort exercé pour arracher les bras. — Voiture, locomotive lancée sur un chemin circulaire. — Condition sous laquelle il n'y a pas de renversement. — On fera des exercices numériques pour ces questions.

Pression exercée par la force centrifuge sur les axes de rotation des machines. — Exemples divers des effets de la force centrifuge. — Ce qu'on nomme axe spontané de rotation. — La pression sur l'axe est nulle. — Force centrifuge terrestre. — Ses effets quant à l'aplatissement initial du globe.

APPLICATIONS DES PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA DYNAMIQUE.

23e et 24e leçon.

Machine d'Atwood, réduite à son expression la plus simple.

Mouvement d'un treuil horizontal sollicité par un poids suspendu verticalement à une corde, et portant un anneau métallique ou volant. — Treuil à manivelle avec volant. — Propriétés du volant. — Formules réduites pour une manivelle à simple ou à double effet. — Exemple du rouet à filer. — Masses excentriques : leurs effets nuisibles dans certains cas; utiles quand ils servent à corriger les défauts d'une roue, etc. — Effort

exercé par les forces d'inertie tangentielles pour rompre les bras. — Exemple de calcul. On négligera, dans toutes ces questions, les résistances et réactions moléculaires, etc.

25e leçon.

Pendule composé. — Comment la théorie en est ramenée immédiatement à celle du pendule simple. — Longueur de ce dernier. — Centre d'oscillation. — Réciprocité des centres ou axes d'oscillation et de suspension. — Comment on pourrait calculer, par quadrature géométrique, la durée des oscillations dans l'hypothèse d'une amplitude quelconque. — Influence du milieu ambiant; il ne change pas sensiblement la durée des oscillations, mais bien celles des amplitudes. — Idée des expériences de Dubuat, etc. — Détermination du centre d'oscillation et des moments d'inertie par l'expérience directe.

26e et 27e leçon.

Centre de percussion. — Pendule balistique. — Condition pour qu'il n'y ait pas de choc sur l'axe. — Détermination expérimentale du centre de percussion, qui se confond alors avec le centre d'oscillation. — Choc d'un marteau soulevé par une came. — Perte de force vive inévitable.

* Principe de d'Alembert, relatif à l'équilibre des quantités de mouvement instantanées et des forces de percussion. — Principe de Carnot sur les pertes de forces vives dans les mêmes hypothèses. — Il n'est d'aucun secours dans les applications relatives aux machines.

* Conditions sous lesquelles il devient permis de faire abstraction d'un mouvement d'entraînement commun à tous les corps d'un système matériel. — Forces dont il est nécessaire de tenir compte dans certains cas. — Exemples relatifs aux mouvements sur la terre, en bateau, etc.

* Principe des forces vives dans les mouvements relatifs. Théorie du pendule conique d'Huygens, considéré comme régulateur dans les machines.

THÉORIE ET CALCUL DES MACHINES.

28e et 29e leçon.

Préliminaires. — Principe des forces vives et de la transmission du travail dans les machines, en tenant compte des diverses causes de puissance et de résistance. — Constitution physique des machines. — Récepteur, communicateur et opérateur. — Influence des poids, des frottements, des chocs et changements quelconques de force vive. — Lois du mouvement à partir du repos et quand le régime est établi. — Avantage du mouvement uniforme ou périodique. — Moyens généraux de régulariser le

mouvement; volant et régulateur. — Théorie générale. — Freins et modérateurs; leurs inconvénients. — But et avantages réels des machines.

Évaluation du travail absorbé par les résistances moléculaires dans les machines. — Résistance au glissement des corps solides. — Lois de cette résistance. — Appareils et résultats de l'expérience. — Frottement d'un corps contre un plan horizontal ou incliné; direction la plus favorable du tirage. — Frottement des tourillons, des pivots, des excentriques et boutons de manivelles. — Tracé et frottement des engrenages cylindriques ou coniques.

Frottement sur les guides ou coulisses. — Pertes comparées de travail dans ces différents systèmes.

Résistance au roulement. — Résultats de l'expérience, et lois de cette résistance. — Usage des rouleaux et galets cylindriques.

Roideur et frottement des cordes. — Résultats d'expérience et méthode de calcul. — Frottement des cordes et courroies sur les tambours fixes. — Usages divers. — Transmission par cordes, chaînes ou courroies sans fin.

Évaluation directe des pertes de travail dues aux résistances nuisibles dans les moufles, le cabestan, la grue à engrenage, et la presse à vis ou à coins, mues avec ou sans percussion.

Frein de Prony; condition de son établissement.

HYDRAULIQUE, PNEUMATIQUE ET MOTEURS.

30e leçon.

Hydrostatique. — Principe de Pascal. — Propagation des pressions du dehors au dedans d'un fluide et sur les parois du vase. — Équations de l'équilibre sous des forces quelconques. — Fluides incompressibles et pesants. — Surfaces de niveau. — Pression exercée sur les parois. — Conditions de l'équilibre d'un liquide enfermé dans un vase qui tourne autour d'un axe horizontal. — Équilibre d'un corps plongé dans un fluide pesant ou flottant à sa surface. — Stabilité des corps flottants. — Métacentre. — Lois des pressions dans les différentes couches atmosphériques.

31e, 32e, 33e et 34e leçon.

Hydraulique expérimentale. — Étude des phénomènes qui accompagnent l'écoulement des liquides par les *petits orifices* des réservoirs à mince paroi et à niveau constant. — Conditions de cette constance du niveau et de la *permanence* du mouvement en général. — Marche des filets, forme, contractions, renversement et discontinuité des veines liquides. — Formules fondamentales pour les liquides et les gaz. — Théorème de Torri-

celli, relatif aux petits orifices. — Dépense théorique, dépense effective et coefficient de contraction géométrique. — Coefficieut déduit de la dépense effective, d'après la méthode de Daniel Bernoulli. — Résultats des expériences à ce sujet. — Phénomène des ajutages; expériences de Venturi : influence de la pression atmosphérique; perte de force vive; réduction de la vitesse et augmentation de la dépense. — Résultats de l'expérience relatifs au coefficient de la dépense, à la forme et à la portée des jets paraboliques.

Grands orifices. — Pertuis à vannes et coursiers; déversoirs ou orifices découverts; dépense, formules pratiques et résultats de l'expérience. — Dispositif pour éviter les effets de la contraction ou les pertes de force vive.

Écoulement des fluides par les tuyaux de conduite et les canaux découverts, à section uniforme et d'une très-grande longueur. — Indication des pertes de force vive dues aux coudes et étranglements. — Écoulement des gaz. — Méthodes de jaugeage usitées en pratique. — Flotteurs. Tube de Pitot, moulinet de Woltmann, moulinet compteur à air ou à gaz. — Tare de ces instruments. — Module et *pouce du fontainier.*

* Phénomènes qui accompagnent le mouvement relatif d'un solide et d'une veine ou d'un milieu fluide. — Lois expérimentales de la résistance directe des milieux et du choc des veines. — Principaux résultats de l'expérience.

35ᵉ, 36ᵉ, 37ᵉ et 38ᵉ leçon.

Des roues hydrauliques. — Roues verticales à palettes, à aubes courbes et à augets. — Roues horizontales à palettes, à cuves et à réaction. Turbines. — Description, jeu et effets utiles comparés d'après l'expérience. — Roues pendantes des moulins et des bateaux à vapeur. — Propulseur héliçoïde.

* *Des moulins à vent.* — Description et résultat des observations de Coulomb.

Des principales pompes. — Organes spéciaux des pompes : soupapes et pistons. — Pompe foulante, pompe aspirante; limite de l'ascension de l'eau. — Pompe aspirante et foulante. — Effets dynamiques. — Indication des pertes de force vive et des déchets dans les différentes pompes. — Explication des *coups de bélier* dans les conduites. — Réservoir régulateur à air. — Pompes à incendie. — Pompes à double effet de Cordier.

* *Machines hydrauliques diverses.* — Presse hydraulique; machine à colonne d'eau. — Moteur-pompe. — Machines à épuiser : norias; roues à auges fixes, à palettes ou remontantes; pompes Letestu; vis d'Archimède : construction et données expérimentales.

39ᵉ, 40ᵉ et 41ᵉ leçon.

Machines à vapeur. — Description succincte des principales machines à vapeur, avec

ou sans détente. — Effets et avantages de la détente. — Condenseur. — Pompe à air. — Chaudière et pompe alimentaire. — Boîte de distribution.— Détente variable.

Observations. — Ce cours sera de 76 leçons, y compris les leçons de révision.

Chaque leçon sera d'une heure et demie, dont la première demi-heure sera consacrée, par le professeur, à une interrogation sur les matières de la leçon précédente.

Les compositions écrites seront données dans la proportion d'une pour quatre leçons. Elles comprendront des croquis des principaux appareils.

Les professeurs et les répétiteurs suivront le travail des élèves dans les salles, durant toutes les études consacrées au cours.

Après la clôture des leçons, chaque année, tous les élèves seront interrogés sur le cours entier par le professeur et les répétiteurs.

IV. PHYSIQUE.

Nota. Ce Cours sera entièrement expérimental.

PREMIÈRE ANNÉE.

1re leçon.

But de la physique.

Description et usage du vernier. Vernier rectiligne, vernier circulaire. — * Vis micrométrique. — * Comparateur. — * Cathétomètre.

* Pendule. — Lois des oscillations déduites de l'observation. La durée des oscillations est indépendante de la masse; elle dépend de la longueur du pendule et de l'intensité de la pesanteur.— Mesure de la gravité au moyen du pendule. Variation de la gravité avec la latitude et la hauteur au-dessus du niveau de la mer.

2e et 3e leçon.

Balance. Conditions de stabilité et de sensibilité.

* Compressibilité des liquides. — Piézomètre. — Correction pour la compressibilité cubique du verre.

* Cohésion des liquides. — Adhésion.

* Phénomènes capillaires. — Pression due à la courbure concave ou convexe de la

surface terminale. — Cette courbure dépend de la nature du liquide et de la nature de la paroi. (*Indications sans calculs théoriques.*)

Dépression ou élévation du niveau dans les tubes capillaires (*sans calculs*). Corriger de la capillarité, la hauteur lue du baromètre.

* Entre deux lames parallèles verticales et très-voisines, l'élévation ou la dépression du liquide est en raison inverse de l'intervalle qui les sépare.

* Attractions et répulsions des corps flottants.

* Quelques détails pratiques sur la construction des baromètres.

4e et 5e leçon.

Loi de Mariotte. Vérification pour les pressions supérieures et inférieures à $0^m,76$. — Exceptions à la loi de Mariotte. — Gaz liquéfiables. — Manomètre à air comprimé.

Mélange des gaz. — Mis en présence, ils finissent toujours par donner un mélange homogène. — Indépendances des pressions partielles. — Les mélanges gazeux suivent la loi de Mariotte.

* Écoulement des liquides. — Loi de Torricelli. (*On ne l'établira pas par le calcul.*) — Jets d'eau.

Vase de Mariotte. — Son usage pour obtenir l'écoulement constant, soit d'un liquide, soit d'un gaz. — Gazomètre.

CHALEUR.

6e leçon.

Quantités de chaleur. — Chaleurs spécifiques. — Température. Égalité et inégalité de température.

But des thermomètres — Construction du thermomètre à mercure. — Thermomètres centigrade, Réaumur, Fahrenheit. — Comparabilité des thermomètres à mercure. — Détails pratiques sur la construction du thermomètre. — Choisir le tube, le calibrer, tracer la graduation, souffler la boule ou souder le réservoir cylindrique, remplir l'instrument, fermer le tube. Détermination des points fixes. — Déplacement du zéro. — Thermomètre à alcool.

7e et 8e leçon.

* Mesure de la dilatation absolue du mercure (procédé de Dulong et Petit).

* Mesure de la dilatation apparente du mercure par le thermomètre à poids.

* Mesure de la dilatation cubique du verre. — Dilatation apparente et dilatation abso-

lue des liquides autres que le mercure : 1° par le thermomètre à poids; 2° par un thermomètre construit avec le liquide considéré. — Maximum de densité de l'eau.

* Dilatation linéaire des solides. Procédé de M. Pouillet.

Usage des coefficients de dilatation pour corriger les mesures de longueur, de volume. — Correction de la hauteur barométrique.

9e et 10e leçon.

* Dilatation des gaz sous pression constante (*un seul procédé*).

Loi de Gay-Lussac. — Relation entre la température, la pression et les volumes ou densités correspondantes des gaz. — Thermomètre à air. Ses avantages dans les hautes températures.

Densités des gaz. — Poids d'un litre d'air sec à une pression et à une température quelconques.

11e leçon.

* Propagation de la chaleur rayonnante en ligne droite; dans le vide; dans les gaz. — Réflexion; loi de la réflexion.

Émission et absorption. — Pouvoirs émissifs; variation avec l'inclinaison. — Pouvoirs absorbants. — Équilibre de la chaleur par échange. — Réflexion apparente du froid.

12e et 13e leçon.

* Loi du refroidissement de Newton. — Loi élémentaire du refroidissement et du réchauffement dans le vide. (*Ces lois seront uniquement données comme conséquence de l'expérience.*)

* Pouvoir refroidissant des gaz. — Refroidissement dans les fluides élastiques.

* Conductibilité. — Expériences d'Ingenhouz et de M. de Senarmont.

* Propagation de la chaleur dans les liquides, dans les gaz.

14e leçon.

Changement d'état des corps. — Point de fusion. — Constance du thermomètre.

* Chaleur de fusion et point de fusion des alliages; alliage de Darcet. — Changement de densité qui accompagne la fusion. — Retard de la congélation dû à la présence des sels et à quelques autres circonstances. — Surfusion de certains corps, soufre mou.

Vapeurs. — Vapeurs dans le vide. — Tension maxima.

15e et 16e leçon.

Détermination de la tension maxima de la vapeur d'eau aux basses températures;

entre 0° et 100°; aux températures élevées. — Formules empiriques donnant les tensions de la vapeur d'eau. — * Tension de la vapeur de mercure entre 0° et 100°.

Densités des vapeurs. — Procédé de M. Gay-Lussac. — Procédé de M. Dumas. — La densité des vapeurs saturées croît rapidement avec la température.

* Liquéfaction des gaz par le refroidissement, par la pression. — Procédé de M. Faraday. — Points d'ébullition de divers gaz liquéfiés.

17[e] et 18[e] leçon.

* Loi du mélange des gaz et des vapeurs. — Point de saturation dans l'air. — Influence de la présence de l'air sur la distillation des vapeurs. — Ébullition des liquides. Température d'ébullition. Causes qui retardent ou accélèrent l'ébullition. Ébullition sur les hautes montagnes. Ébullition sous le récipient de la machine pneumatique.

Formation de la vapeur dans les générateurs. — Pression sur les pistons des machines à vapeur. Force motrice. — Condensation de la vapeur dans une machine ordinaire à double effet.

19[e] et 20[e] leçons.

Calorimétrie. Des quantités de chaleur et des moyens de les comparer. — Chaleurs spécifiques. — Mélange d'un kilogramme d'eau à zéro avec un kilogramme d'eau à 100°, avec un kilogramme de mercure à 100°. — * Méthode des mélanges. Détail des précautions expérimentales. — * Méthode de refroidissement. — Calorimètre de Laplace et Lavoisier.

Chaleur spécifique des gaz à pression constante (*une seule méthode*). — Chaleur spécifique des gaz à volume constant (*la définition seulement*).

Chaleur spécifique des corps sous l'unité de volume. — * Variations de la chaleur spécifique des corps avec la température. — * Loi de la chaleur spécifique des atomes. Corps simples. Corps composés. — * Chaleur spécifique des alliages.

Mesure de la chaleur latente de fusion.

* Mesure du calorique d'élasticité.

21[e] et 22[e] leçon.

Sources de chaleur. — Compression. Percussion des métaux. — Compression des liquides. Compression des gaz. Expérience de Clément et Désormes. Briquet à air. — Frottement.

Passage de l'état gazeux à l'état liquide. — Emploi de la vapeur pour le chauffage.

Combinaisons chimiques. — Chaleur de combustion des corps. — Chaleur animale.

* Chaleur solaire; sa mesure par le pyrhéliomètre.

Chaleur centrale. — Sources thermales.

Sources de froid. — Raréfaction des gaz. — Fusion des corps. — Mélanges réfrigérants. — Vaporisation par un courant d'air.

Rayonnement nocturne. — Conditions qui augmentent ses effets. — Rosée. — Température de l'air.

* Thermomètre *à maxima* de Rutherford. — Thermomètre de Six. — Thermomètres à déversement.

Variations des températures de l'air; variations diurnes, leurs causes; variations annuelles, leurs causes. — Températures climatériques. — Lignes isothermes. — Influence du vent sur la température. — Décroissement de la température dans l'atmosphère. Causes de ce décroissement. — Température des mers à la surface, au fond; Méditerranée, Océan. — Températures des lacs, des sources, des puits. — Températures du sol à la surface, à diverses profondeurs. — Variations diurnes et annuelles.

23e leçon.

* *Hygrométrie.* — Humidité de l'air absolue, relative. — Hygromètre chimique. — Hygromètre à cheveu. — Hygromètre à condensation. Point de rosée. — Psychromètre (*donner la formule sans démonstration*).

* Humidité moyenne en divers climats, à diverses hauteurs; ses variations diurnes, ses variations annuelles. Saisons sèches, saisons humides.

Nuages. — Brouillards, vapeurs vésiculaires. — Pluie. Udomètre. — Neige. — Densité de l'air sec ou humide. — Décroissement avec la hauteur. — Aérostats.

ÉLECTRICITÉ STATIQUE.

24e leçon.

* Lois des attractions et répulsions électriques. Balance de Coulomb. Perte par l'air (*seulement indiquée*). — Distribution de l'électricité à la surface des corps. Emploi du plan d'épreuve. — Tension électrique; écoulement de l'électricité par les pointes.

25e leçon.

Électrisation par influence.

Électroscopes. — Charge par influence.

De l'électricité dissimulée. — Condensateurs. — Électroscope condensateur.

26e leçon.

* Développement de l'électricité par frottement. — Machine de M. Armstrong. — Développement de l'électricité par pression.

Électricité atmosphérique. — Tension négative du sol et tension positive de l'atmosphère. — Emploi de l'électroscope.

Phénomènes observés par un ciel serein, par un temps nuageux. — Nuages électrisés positivement; nuages électrisés négativement. — Électrisation des nuages. — Éclairs, tonnerre, orages. — Foudre, effets principaux. — Action des conducteurs terminés en pointe. — Paratonnerre. Construction. Précautions contre les décharges latérales.

MAGNÉTISME.

27e leçon.

* Pôles des aimants. — Attractions et répulsions des pôles des aimants.—Hypothèse des deux fluides. — Fluide austral et fluide boréal. —Les fluides ne peuvent se séparer que dans l'intérieur d'un élément magnétique. Barreau brisé.

* Propriétés magnétiques du fer doux.— Force coercitive.— Aimantation artificielle. Double touche. Saturation. — Points conséquents. — Mode d'accouplement favorable à la stabilité du magnétisme. Aimants en fer à cheval. Faisceaux magnétiques. — Action de la température sur le magnétisme.

28e, 29e et 30e leçons.

Action terrestre. — Cette action ne produit qu'un couple. — Force directrice du globe.

* Balance magnétique. — Définition des moments magnétiques. — Mesure de la force magnétique des aiguilles. (*Ces points seront traités par les expériences de Coulomb, et non par le calcul.*) — Distribution du magnétisme dans les aimants. (*Indication rapide.*)

Conditions d'équilibre d'une aiguille suspendue par son centre de gravité. — Conditions d'équilibre d'une aiguille horizontale. — Mesure de la déclinaison. — Mesure de l'inclinaison.

* Intensité magnétique du globe. — Intensité magnétique horizontale; méthode des oscillations; boussole d'intensité. — Lignes isodynamiques.

Lignes isocliniques. Pôles magnétiques. Équateur magnétique. — Loi relative à la tangente de l'inclinaison. — Lignes isogoniques. — Variations séculaires. — Action de la terre sur le fer doux.

DEUXIÈME ANNÉE.

ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE.

1re et 2e leçon.

Électro-magnétisme. — Électricité de tension. — Électricité dynamique. — Courants électriques. Pôles. Rhéophore. Circuit. — Expérience d'Œrstedt. — Loi de l'action d'un courant sur un aimant. — Expériences de MM. Biot et Savart.

Rotation d'un courant par l'action d'un aimant; d'un aimant par l'action d'un courant. Explication. — Attraction ou répulsion d'un aimant par un courant; expérience de M. Boisgiraud.

Galvanomètres. — Boussole des sinus. Boussole des tangentes. — Aimantations par les courants électro-aimants. — Électromoteurs. — Télégraphes électriques.

3e, 4e et 5e leçon.

* *Phénomènes électro-dynamiques.* — Appareil d'Ampère. — Supports des conducteurs mobiles. — Supports pour les mouvements de rotation. — Communications métalliques de la table. — Commutateur pour changer le sens des courants.

* Action de la terre et des aimants sur les courants mobiles. — Conducteurs astatiques.

* Actions mutuelles de deux courants rectilignes non parallèles. — Actions mutuelles de deux courants rectilignes parallèles. — Actions des conducteurs sinueux. — Positions d'équilibre d'un courant mobile. — Rotation continue d'un courant vertical; d'un courant horizontal. — Rotation produite par réaction.

Action de la terre sur les courants. — Mouvements et actions des solénoïdes.

Théorie nouvelle du magnétisme.

6e leçon.

* *Induction.* — Courants par induction. — Courants magnéto-électriques. — Phénomènes électriques produits par un aimant. — Machine de Clarke. — Magnétisme en mouvement. — Action inductive d'un courant sur lui-même. — Commotion par des courants interrompus. — Commotion magnéto-électrique.

7e leçon.

* *Phénomènes thermo-électriques.* — Courants thermo-électriques. — Pouvoirs ther-

mo-électriques. Pile thermo-électrique (*sans calcul théorique*). — Appareil de Nobili et Melloni.

Électro-chimie. — Courants produits par des actions chimiques. —Action des liquides sur les liquides, des acides sur les métaux.

Disposition des piles à courant constant.

8[e] et 9[e] leçon.

* Lois de l'intensité des courants. — L'intensité est la même dans tout le circuit. L'intensité diminue quand on introduit un conducteur additionnel dans le circuit. — Rhéostat. — Équivalence des conducteurs. — Influence de la longueur, de la section, de la conductibilité. — Longueur réduite. — Résistance. — L'intensité est en raison inverse de la longueur réduite totale.

Tension des sources de courants, ou force électro-motrice. — Lois des piles voltaïques. Influence du nombre des éléments et de leur grandeur. — Influence du nombre des tours et de la grosseur des fils sur la sensibilité d'un galvanomètre.

Effets calorifiques de l'électricité. — Influence de la résistance des fils. — Effets lumineux. Lumière électrique permanente. Son emploi pour l'éclairage.

10[e] leçon.

Effets chimiques de l'électricité. — Actions chimiques produites par la pile. — Voltamètre.

ACOUSTIQUE.

11[e] leçon.

* Vibrations des corps sonores. — Vibrations longitudinales et transversales. — Propagation du son d'un segment à un autre segment. — Expérience des chevrons. — Division spontanée. (*Sans calcul.*)

* Son fondamental et sons harmoniques.

* Vibrations longitudinales des verges. — Nœuds et ventres de vibration.

* Vibrations transversales des verges. — Loi du carré des longueurs. — Diapason.

12[e] leçon.

* Vibration des plaques carrées et circulaires. — Concamérations et lignes nodales. — Timbres. — Membranes.

* Vibrations des masses solides, liquides, gazeuses. — Syrène. — Évaluation numérique des sons. Roue dentée. Sonomètre. — Communication du son par les supports. — Communication par l'air. Timbre sous le récipient de la machine pneumatique.

13ᵉ leçon.

Propagation du son dans un tuyau cylindrique. — Transmission des ébranlements successifs. — Longueur d'onde. — Ondes condensantes, ondes dilatantes. (*Sans calcul.*)

Réflexion du son. — Superposition de l'onde directe et de l'onde réfléchie. (*Sans calcul.*) — Écho. — Portevoix.

Propagation dans un milieu sphérique indéfini. — Preuve expérimentale de l'égalité des vitesses de propagation des différents sons dans un même milieu.

Mesure de la vitesse du son dans l'air, dans l'eau, dans les métaux. Méthode expérimentale. — Formules théoriques. — Discussion des résultats.

14ᵉ leçon.

Intensité du son. — Comment elle varie avec la distance, avec la densité de l'air.

* Timbre du son. — Renforcement du son.

* Description de l'oreille. — Limite des sons graves et aigus.

* Sons musicaux. Gamme. Intervalles musicaux. — Instruments à corde. — Instruments à vent. — Série des sons d'un tuyau ouvert à ses deux extrémités, ou à une seule extrémité.

* Expériences diverses avec tuyaux sonores : ouvertures percées sur les parois et pouvant s'ouvrir à volonté. — Tuyaux se désarticulant. — Procédés pour faire vibrer une colonne gazeuse. — Battements. — Instruments à anches. — Organe vocal.

LUMIÈRE.

15ᵉ leçon.

Lumière. — Rayons lumineux. — Système de l'émission et système des ondulations. — Vitesse de la lumière par les éclipses des satellites de Jupiter. — Égalité de vitesse des lumières de différentes couleurs. — Images par les petites ouvertures.

Intensités des lumières de différentes sources. L'intensité de la lumière provenant d'un point éclairant est en raison inverse du carré de la distance. — Photomètre de Bouguer. Photomètre de Rumford. — L'éclairement varie avec l'incidence. Intensité des rayons obliques. — Éclat total d'un luminaire. Éclat intrinsèque.

16ᵉ et 17ᵉ leçon.

Lois de la réflexion de la lumière. — Preuves expérimentales. Miroirs plans. — Goniomètre de Wollaston.

Miroirs sphériques. — Foyer principal. Foyers conjugués. — Rapport de la grandeur de l'image à la grandeur de l'objet. — Mesure du rayon d'un miroir.

* Surfaces caustiques en général.

18e leçon.

Lois de la réfraction simple. — Indices de réfraction. — Vérification expérimentale des lois de la réfraction. — Réfraction totale. — Réfraction maxima. — Vision des objets à travers l'eau. — Explication de diverses illusions d'optique. — Réfractions successives. — Indices principaux; détermination des indices pour les corps solides, liquides et gazeux.

19e leçon.

Théorie des lentilles. — Lieu du foyer. — Plan focal. — Centre optique. — Foyer principal. — Lentilles convergentes et divergentes. — Grandeur de l'image. — Discussion des cas principaux.

20e et 21e leçon.

Mégascope. — Lanterne magique, microscope solaire. — Chambre obscure. — Daguerréotype.

Vision des objets à travers un prisme. — Dispersion de la lumière. — Spectre solaire. Raies du spectre. — Spectres des étoiles, des lumières artificielles, des lumières électriques.

Recomposition de la lumière blanche par un second prisme. — Expérience des secteurs tournants. — Irisation des bords des objets vus à travers les prismes.

Indices des différentes couleurs. — Usage des raies dans la détermination de ces indices.

Prismes achromatiques. — Diasporamètre. — Lentilles achromatiques.

22e leçon.

* Arc-en-ciel. — Arcs de divers ordres.

Description de l'œil. — Appropriation de l'œil à la vision des objets placés à de petites ou à de grandes distances. — Estimation des distances; des angles; des grandeurs absolues. — Sensation du relief. — Illusions diverses.

23e leçon.

* Persistance des impressions sur la rétine. — Phénakisticope.

* Irradiations. — Irradiations au contact.

* Couleurs complémentaires.

Myopie. — Presbytisme.

Théorie de la loupe et de son grossissement. — Microscope composé; mesure de son grossissement.

24e leçon.

Lunette astronomique, son grossissement. — Mesure du champ. — Anneau oculaire. — Mesure de grossissement par l'anneau oculaire. — De la clarté de l'image. — Netteté. — Lunette terrestre. — Lunette de Galilée. — Télescope. — Chambre claire.

25e et 26e leçon.

Double réfraction.

Cristaux monoréfringents; biréfringents à un axe; biréfringents à deux axes.

Cristaux à un axe, section principale. — Rayon ordinaire et extraordinaire. — Cristaux attractifs et répulsifs. — Ellipsoïde et sphère d'Huygens.

Effets produits par les lames biréfringentes à faces parallèles. — Image mobile et image immobile pendant la rotation autour de la normale à la face d'entrée. — Cas de non-bifurcation. — Sortie des rayons.

Prismes biréfringents; achromatisation des images. — Prismes biréfringents à arète parallèle à l'axe. — Mesure de l'indice pour le rayon ordinaire et pour le rayon extraordinaire. — Prisme de Rochon; son usage pour mesurer les petits angles; lunette de Rochon.

27e, 28e et 29e leçon.

Lumière dans le système des ondes. — Rayon lumineux.

Lumière polarisée. — Polarisation par réflexion. — Polarisation partielle; polarisation complète. — Angle de polarisation. — Polarisation partielle dans le faisceau transmis. — Polarisation par les cristaux biréfringents. — Polarisation du rayon ordinaire, polarisation du rayon extraordinaire. — Coefficients d'extinction différents pour les différents rayons; cas de la tourmaline. Prisme de Nicol. — Instruments polariseurs.

* Ce qui arrive lorsque la lumière polarisée se réfléchit, se réfracte, ou passe dans un milieu biréfringent. Variation des intensités suivant la position du plan de polarisation. — Des quatre images de deux spaths superposés. — Les lumières naturelles sont-elles polarisées?

30e leçon.

* Principe des interférences. — De l'onde lumineuse. — Longueur d'onde. — Rencontre de deux rayons. — Accord et désaccord des ondes. — Conditions de destruction mutuelle des rayons lumineux. Expérience des miroirs.

13.

31e leçon.

* Couleurs des lames minces vues par réflexion dans de la lumière homogène.—Loi des diamètres. — Variation avec la couleur, avec l'inclinaison. — Anneaux à centre obscur. — Anneaux à centre brillant. — Anneaux dans la lumière blanche. — Anneaux de divers ordres.

32e leçon.

* Diffraction. — Faits généraux. — Indication succincte des principes qui conduisent à leur explication.

APPENDICE.

* Corps diathermanes et athermanes. — Décroissement des pertes. — Rayons de chaleur d'espèces différentes. — Réfraction. — Spectre calorifique. — Chaleur lumineuse. Chaleur obscure. — Maximum d'action calorifique du spectre solaire. — Polarisation et double réfraction de la chaleur.

Nota. La durée de ce cours sera de 68 leçons, y compris les leçons d'interrogation et de révision.

Chaque leçon durera une heure et demie. — La première demi-heure sera consacrée par le professeur à des interrogations, autant que le permettront les expériences.

Les compositions écrites seront données dans la proportion d'une pour quatre leçons. — Elles comprendront des croquis des principaux appareils.

Les professeurs et les répétiteurs suivront les travaux des élèves dans les salles, pendant toutes les études consacrées au Cours.

Après la clôture des leçons de chaque année, tous les élèves seront interrogés sur le Cours entier par le professeur et les répétiteurs.

MANIPULATIONS DE PHYSIQUE (1).

Vérifier avec la machine d'Athwood la loi des espaces, la loi des vitesses dans la chute des graves. — Expériences sur la force centrifuge. — Expériences pour déterminer l'intensité de la pesanteur au moyen du pendule.

---

(1) Les heures qui devraient être employées à ces manipulations n'ont pas été indiquées sur le tableau de l'emploi du temps. L'École n'a pas aujourd'hui en sa possession le matériel indispensable à ces exercices.

Vérifier que la durée des oscillations du pendule est proportionnelle à la racine carrée des longueurs. — Faire osciller des pendules de même longueur, formés de matières diverses.

Reconnaître si les deux bras de levier d'une balance sont égaux. — Faire une pesée exacte.

Usage du niveau d'eau. — Vérification du principe d'Archimède.

Déterminer la densité d'un corps solide et d'un corps liquide par les différentes méthodes. — Déterminer la richesse d'un alcool. — Graduation ou vérification d'un aréomètre.

Remplir un tube de baromètre et le purger d'air et de vapeurs par l'ébullition. — Déterminer la pression atmosphérique. — Vérification de la loi de Mariotte.

Monter et démonter les pistons d'une machine pneumatique. — Reconnaître, quand on a fait le vide dans un récipient, si la machine garde le vide, et, dans le cas contraire, par où elle perd.

Déterminer la pression que supporte un gaz placé dans une éprouvette, sur la cuve à Mercure. — Introduire un gaz dans un ballon. — Disposer un écoulement constant.

Remplir un thermomètre. Marquer les points fixes. Fermer le tube avec un chalumeau. — Déterminer la température d'un liquide avec un thermomètre ordinaire et avec un thermomètre à poids.

Expérience des miroirs conjugués pour démontrer la réflexion de la chaleur. — Constater la différence des corps sous le rapport de leurs pouvoirs émissifs. Refroidissement d'un vase métallique poli et du même vase noirci.

Déterminer la température d'ébullition d'un liquide; la température de fusion d'un corps solide; la chaleur de fusion de la glace.

Déterminer la tension d'une vapeur à une température donnée. — Déterminer la densité de la vapeur d'eau par le procédé de M. Gay-Lussac. — Déterminer la densité d'une vapeur par le procédé de M. Dumas.

Faire bouillir de l'eau sous la machine pneumatique.

Faire congeler de l'eau par l'évaporation.

Chercher le point de rosée avec l'hygromètre condensateur.

Faire détoner un mélange d'oxygène et d'hydrogène avec l'électrophore. — Charger et décharger une bouteille de Leyde. — Oter les frottoirs d'une machine électrique, les enduire d'or mussif et les replacer.

Aimanter une aiguille par le procédé de la double touche. — Renverser les pôles d'une aiguille. — Aimanter une aiguille par l'influence d'un courant.

Expériences sur les électro-aimants. — Faire fonctionner un télégraphe électrique.

Reconnaître le sens d'un courant à l'aide d'un galvanomètre.
Expérience fondamentale pour prouver l'induction.

Expérience qui prouve que le son ne se propage pas dans le vide. — Faire vibrer un timbre, une plaque. — Vibrations longitudinales et transversales d'une verge. — Faire résonner une syrène, un tuyau.

Mesurer l'angle d'un cristal avec le goniomètre de Wollaston.
Trouver la distance focale d'un miroir, d'une lentille.
Se servir d'une loupe à court foyer pour distinguer de petits caractères. — Se servir d'une lunette pour voir un objet déterminé. — Ajuster un microscope.
Décomposition et recomposition de la lumière.
Expériences fondamentales de la polarisation. — Reconnaître si un rayon est polarisé.

V. COURS DE CHIMIE.

PREMIÈRE ANNÉE.

1re et 2e leçon.

* Idée générale des phénomènes dont la chimie s'occupe. — Distinction des corps en corps simples et en corps composés. — Divisibilité de la matière. — Différents états des corps. Force d'agrégation et de cohésion. Affinité chimique. — Loi des proportions multiples. — Caractères physiques et organoleptiques qui servent à spécifier les corps. — Formes cristallines. — Dimorphisme et polymorphisme. Isomorphisme.

* Règles de la nomenclature chimique. Anomalies qu'elles présentent aujourd'hui : notations et formules chimiques. — Division des corps simples en métalloïdes et en métaux.

MÉTALLOÏDES.

3e leçon.

* *Oxygène.* — Divers modes de préparation. — Appareils pour recueillir les gaz; gazomètres. — Définition de la densité d'un gaz. — Propriétés physiques et chimiques du gaz oxygène. — Chalumeau à air et à oxygène.

* *Hydrogène.* — Divers modes de préparation. — Propriétés physiques et chimiques de ce gaz. — Chalumeau à gaz hydrogène et oxygène. — Dessiccation des gaz.

4ᵉ et 5ᵉ leçon.

* Combinaisons de l'hydrogène avec l'oxygène. — Protoxyde d'hydrogène ou eau. — Propriétés physiques de l'eau. — Congélation. — Définition de la densité des vapeurs. — Évaporation. Vapeur d'eau dans l'atmosphère, substances déliquescentes et efflorescentes. — Distillation; alambic et appareils divers employés dans les laboratoires. Évaporation des dissolutions salines. — Lois de la solubilité des gaz dans les liquides. Procédé à l'aide duquel on détermine la quantité de gaz dissoute dans l'eau qui a séjourné au contact de l'atmosphère.

* Analyse de l'eau. — Calibrage et vérification des cloches divisées. — Eudiomètres. — Synthèse de l'eau par la méthode eudiométrique. — Première remarque sur la simplicité des rapports entre les volumes des gaz simples qui se combinent. — Synthèse de l'eau par la combustion de l'hydrogène au moyen de l'oxygène de l'oxyde de cuivre. — Analyse de l'eau par la pile. — Manières diverses d'exprimer la composition de l'eau. — Première notion des équivalents chimiques et des poids atomiques.

* Bioxyde d'hydrogène ou eau oxygénée. Mode de préparation. — Propriétés physiques et chimiques. Actions de présence ou catalytiques. — Analyse du bioxyde d'hydrogène.

6ᵉ, 7ᵉ et 8ᵉ leçon.

* *Azote ou nitrogène.* Modes de préparation. — Propriétés physiques.

* Air atmosphérique. — Généralités sur la constitution de l'atmosphère. — Détermination des quantités de vapeur d'eau et d'acide carbonique contenues dans l'atmosphère. Aspirateur à écoulement constant. — Détermination de l'oxygène par les réactifs absorbants et par la combustion dans l'eudiomètre. — L'air est un mélange et non une combinaison des gaz azote et oxygène; preuve fondée sur la loi de solubilité des gaz dans l'eau.

* Combinaisons de l'azote avec l'oxygène. — Acide azotique ou nitrique. Acide azotique anhydre; acides hydratés à proportions définies. — Propriétés chimiques de l'acide azotique à divers états de concentration. — Combinaison directe de l'azote et de l'oxygène sous l'influence de l'étincelle électrique. — Préparation de l'acide azotique dans les arts. Purification de l'acide azotique du commerce. — Analyse de l'acide azotique.

* Protoxyde d'azote. Préparation. — Propriétés physiques et chimiques de ce gaz. — Son analyse par le potassium et dans l'eudiomètre.

* Bioxyde d'azote. Préparation. — Propriétés chimiques. — Dissolution du deutoxyde d'azote dans l'acide azotique plus ou moins concentré. Explication des colorations diverses que présentent ces dissolutions. — Analyse du deutoxyde d'azote.

* Acide azoteux. Circonstances dans lesquelles il se produit.

* Acide hypoazotique. Préparation. Son analyse.

* Récapitulation des combinaisons de l'azote avec l'oxygène. Remarques sur les rap-

ports en volume et en poids suivant lesquels l'azote et l'oxygène se combinent pour former ces composés. — Équivalent de l'azote.

9e leçon.

* Combinaison de l'azote avec l'hydrogène ou ammoniaque. Circonstances dans lesquelles l'azote et l'hydrogène paraissent se combiner directement. Origine des composés ammoniacaux. — Préparation du gaz ammoniac et de sa dissolution aqueuse. Préparation dans les arts. — Propriétés physiques et chimiques du gaz ammoniac. — Son analyse. — Combinaison directe du gaz ammoniac avec le gaz acide chlorhydrique; remarque sur le rapport des volumes de ces deux gaz qui se combinent; équivalent de l'ammoniaque.

10e et 11e leçon.

* *Soufre.* — État sous lequel on le trouve dans la nature. Extraction et purification du soufre naturel. — Propriétés physiques du soufre; dimorphisme; phénomènes curieux qu'il présente à diverses températures. — Propriétés chimiques du soufre.

* Combinaisons du soufre avec l'oxygène. — Acide sulfureux. Divers modes de production de ce gaz. — Propriétés physiques et chimiques. — Analyse du gaz acide sulfureux. — Emploi de l'acide sulfureux pour le blanchiment de la laine et de la soie, et pour enlever les taches de fruits sur le linge.

* Acide sulfurique. Sa formation par l'action de l'acide azotique sur le soufre et sur l'acide sulfureux. — Acide sulfurique monohydraté. — Précautions à prendre dans sa distillation et son mélange avec l'eau. Analyse de l'acide sulfurique monohydraté. Divers hydrates définis de l'acide sulfurique. — Acide sulfurique fumant de Nordhausen; sa préparation dans le Hartz. Acide sulfurique anhydre; sa formation par la combinaison directe de l'acide sulfureux et de l'oxygène sous l'influence de la mousse de platine. Son extraction de l'acide fumant de Nordhausen. — Préparation de l'acide sulfurique hydraté dans les arts, par la méthode anglaise, ou des chambres de plomb. Cristaux des chambres de plomb.

* Acide hyposulfurique. Circonstances dans lesquelles il se forme.

* Acide hyposulfureux. Circonstances dans lesquelles il prend naissance.

* Récapitulation des combinaisons du soufre avec l'oxygène. Établissement de l'équivalent du soufre.

* Combinaisons du soufre avec l'hydrogène. — Acide sulfhydrique. Sa préparation. Propriétés physiques et chimiques de ce gaz. Eaux minérales sulfureuses. — Analyse du gaz acide sulfhydrique.

* Bisulfure d'hydrogène. Circonstances dans lesquelles il se produit.

* *Sélénium, tellure.* — Faire voir seulement leur analogie avec le soufre.

12ᵉ, 13ᵉ et 14ᵉ leçon.

* *Chlore.* Préparation de ce gaz dans les laboratoires et dans les arts. Dissolution aqueuse. Hydrate défini du chlore. — Propriétés oxydantes de la dissolution aqueuse de chlore. Son emploi pour décolorer les tissus d'origine végétale. — Signaler la propriété qu'il a de s'unir à tous les éléments.

* Combinaisons du chlore avec l'oxygène. — Acide chlorique; préparation. Composition déduite de l'analyse du chlorate de potasse.— Acide perchlorique. Circonstances dans lesquelles il se forme.—Acides hypochloreux, chloreux et hypochlorique. Circonstances dans lesquelles ces composés prennent naissance.

* Récapitulation des combinaisons du chlore avec l'oxygène. — Équivalent du chlore.

* Acide chlorhydrique. — Combinaison directe du chlore avec l'hydrogène, sous l'influence de la lumière solaire. — Préparation de l'acide chlorhydrique dans les laboratoires et dans les arts. — Purification de l'acide chlorhydrique du commerce.— Analyse du gaz acide chlorhydrique.

* Combinaisons du chlore avec le soufre. — Quelques mots sur ces composés.

* Chlorure d'azote. — Signaler simplement les circonstances dans lesquelles il prend naissance, et les précautions qu'il faut prendre pour éviter la formation de ce composé dangereux dans plusieurs opérations du laboratoire.

* Eau régale. — Constitution chimique de l'eau régale. — Son emploi dans les laboratoires comme agent oxydant et comme agent chlorurant.

* *Brôme.* Faire voir son analogie complète avec le chlore.

* *Iode.* Extraction des eaux mères des soudes de varech. — Propriétés physiques. — Son emploi en médecine. — Quelques mots sur les combinaisons de l'iode avec l'oxygène et avec l'hydrogène.

* Iodure d'azote.

* *Fluor.* Son existence hypothétique.—Acide fluorhydrique. Préparation. Sa composition déduite de l'analyse du fluorure de calcium.—Emploi de l'acide fluorhydrique gazeux ou en dissolution, pour graver sur le verre. Manière de l'employer pour graver les échelles sur verre, des instruments de physique.

15ᵉ et 16ᵉ leçon.

* *Phosphore.* Propriétés physiques et chimiques. Divers états isomériques. Précautions à prendre dans la distillation du phosphore. — Préparation du phosphore dans les arts. — Allumettes phosphoriques ou chimiques.

* Combinaisons du phosphore avec l'oxygène. — Acide phosphorique. Préparation de l'acide anhydre par la combustion directe du phosphore dans l'oxygène ou dans l'air. Préparation de l'acide hydraté par l'action de l'acide azotique sur le phosphore. — Analyse de l'acide phosphorique.

• Acide phosphoreux; circonstances dans lesquelles il se produit. Préparation par l'action du chlore, en présence de l'eau, sur le phosphore. — Acide hypo-phosphoreux et oxyde de phosphore; circonstances dans lesquelles ces corps prennent naissance.

• Récapitulation des combinaisons du phosphore avec l'oxygène. — Équivalent du phosphore.

• Combinaisons du phosphore avec l'hydrogène. — Méthode générale pour faire l'analyse de ces corps.

• Chlorure de phosphore. Plonger seulement du phosphore dans un flacon plein de chlore.

• *Arsenic*. Son existence dans la nature. Préparation.

• Combinaisons de l'arsenic avec l'oxygène. — Acide arsénieux; sa formation dans les arts par le grillage des arséniures et des arsénio-sulfures. États isomériques de l'acide arsénieux. — Acide arsénique. — Équivalent de l'arsenic.

• Combinaisons de l'arsenic avec l'hydrogène. Hydrogène arsénié.

• Chlorure d'arsenic; signaler seulement son existence et donner sa composition.

• Empoisonnements par l'acide arsénieux; caractères qui les distinguent; contre-poisons. R cherche de l'arsenic dans les cas d'empoisonnements. Appareil de Marsh.

17e leçon.

• *Bore*. Sa préparation. — Propriétés chimiques.

• Acide borique. État dans lequel il se trouve dans la nature. Propriétés chimiques de l'acide borique. — Son extraction des lagoni de la Toscane. — Difficultés qui se présentent dans la fixation de l'équivalent du bore.

• Fluorure de bore.

• *Silicium*. Préparation et propriétés physiques.

• Acide silicique. Son existence dans la nature. Préparation de l'acide silicique gélatineux. Composition de l'acide silicique déduite de l'analyse du chlorure de silicium. — Difficultés qui se présentent dans la fixation de l'équivalent du silicium et de la formule de l'acide silicique.

• Chlorure de silicium. Fluorure de silicium et acide hydrofluo-silicique.

18e, 19e et 20e leçon:

• *Carbone*. États divers sous lesquels le carbone se trouve dans la nature, ou qu'il prend lorsqu'il résulte de la décomposition des diverses matières organiques. Diamant; graphite naturel ou plombagine; graphite des hauts fourneaux; charbon de houille ou coke; charbon de bois; charbon des matières organiques fusibles; noir animal; noir de fumée. Pesanteurs spécifiques variables du carbone. — Absorption des gaz et de diverses matières solubles, par le charbon poreux. Emploi du noir animal pour décolorer

les liqueurs dont la coloration est due à des matières organiques. Carbonisation intérieure des tonneaux de bois destinés à conserver l'eau.

• Combinaisons du carbone avec l'oxygène.—Acide carbonique. Divers modes de formation, préparation. — Propriétés physiques du gaz acide carbonique. Liquéfaction de l'acide carbonique. Appareil de Thilorier, pour préparer l'acide carbonique liquide. Emploi de l'acide carbonique liquide dans les expériences de physique qui exigent un froid considérable. — Circonstances dans lesquelles l'acide carbonique se produit dans la nature. — Solubilité de l'acide carbonique dans l'eau. Eaux gazeuses naturelles et artificielles. — Analyse de l'acide carbonique.

• Oxyde de carbone; sa production dans les fourneaux à cuve. — Préparation par la réaction du charbon sur l'acide carbonique. Préparation dans les laboratoires par l'action de l'acide sulfurique concentré sur l'acide oxalique. — Propriétés physiques et chimiques du gaz oxyde de carbone. Analyse du gaz oxyde de carbone.

• Acide oxalique; son existence dans les sucs acides de certains végétaux. — Préparation dans les laboratoires par l'action de l'acide azotique sur le sucre. — Analyse de l'acide oxalique. — Méthode générale d'analyse des combinaisons de carbone, d'hydrogène et d'oxygène.

• Récapitulation des combinaisons du carbone avec l'oxygène. — Établissement de l'équivalent du carbone.

• Quelques mots sur les combinaisons du carbone avec l'hydrogène. Application des méthodes eudiométriques à l'analyse des carbures d'hydrogène gazeux.

• Sulfure de carbone ou acide sulfo-carbonique; sa préparation dans les laboratoires et dans les arts. — Propriétés physiques et chimiques du sulfure de carbone; ses applications dans les laboratoires et dans les arts. — Analyse du sulfure de carbone. — Analogie chimique du sulfure de carbone avec l'acide carbonique.

21e leçon.

• Combinaison du carbone avec l'azote, cyanogène. Préparation. Propriétés physiques et chimiques. Analyse du cyanogène. — Acide cyanhydrique ou prussique. Préparation de l'acide anhydre et de l'acide en dissolution. Analyse de l'acide cyanhydrique.

MÉTAUX.

22e, 23e, 24e, 25e, 26e, 27e et 28e leçon.

Propriétés physiques des métaux. Opacité, éclat, couleur, cristallisation, malléabilité et ductilité.

Étirage au laminoir et à la filière, ténacité, conductibilité pour la chaleur, capacité calorifique.

Propriétés chimiques des métaux. — Action de l'oxygène sur les métaux. Classifica-

14.

tion des métaux d'après leur affinité pour l'oxygène. Action de l'oxygène sec et de l'oxygène humide. — Influence des propriétés électrochimiques. Application au zincage du fer et à la conservation du doublage des navires.

Action du soufre, du chlore et de l'iode sur les métaux.

Combinaisons des métaux entre eux, ou alliages. Importance des alliages métalliques. Fusibilité des alliages comparée à celle des métaux constituants.

Oxydes métalliques. Classification des oxydes métalliques d'après leurs propriétés chimiques. Action des corps métalloïdes sur les oxydes. — Chlorures et sulfures métalliques : phénomènes généraux que présentent les sulfures dans leur contact avec l'air à la température ordinaire et à une température élevée.

Généralités sur les sels. — Définition des sels, sels neutres, sels acides et sels basiques. Emploi des réactifs colorés; explication de leurs changements de couleur. Définition de la neutralité des sels. Sels monobasiques et polybasiques. — Réaction des hydracides sur les oxybases. — Cristallisation des sels; eau de cristallisation. — Un même sel peut cristalliser avec des quantités différentes d'eau de cristallisation. — Dessiccation des sels. — Fusion aqueuse et fusion ignée. — Décomposition des sels par la pile. — Phénomènes qu'ils présentent dans leur contact avec l'air.

Solubilité des sels; manière de la déterminer. Courbes de solubilité. Leur importance dans les arts chimiques. Applications. — Températures d'ébullition des dissolutions salines. — Froid produit par la dissolution des sels dans l'eau. Mélanges frigorifiques.

Réactions des acides et des bases sur les sels; réactions réciproques des sels; lois de Berthollet.

Caractères génériques des sels, tirés des acides qui entrent dans leur composition.

29e et 30e leçon.

Potassium. Préparation, propriétés physiques et chimiques. — Oxyde de potassium, hydrate de protoxyde de potassium ou potasse. Potasse à la chaux et à l'alcool. Préparation de la potasse caustique au moyen du carbonate. Analyse de la potasse. — Pierre à cautère.

Sels de potasse; caractères distinctifs. — Carbonates de potasse; essai des potasses du commerce, ou essais alcalimétriques. — Azotate de potasse; divers modes de préparation dans les arts. Nitrières naturelles et artificielles. Raffinage du salpêtre. Essai des salpêtres. — Sulfates de potasse. — Chlorate et perchlorate de potasse; préparation du chlorate de potasse dans les arts.

Sulfures de potassium et sulfosels. — Chlorure de potassium.

31e et 32e leçon.

Sodium. Propriétés physiques. — Oxydes. Hydrate de protoxyde de sodium ou soude.

Sels de soude. — Caractères distinctifs. — Sulfate de soude. — Carbonate de soude. Fabrication de la soude artificielle. — Azotate de soude. — * Phosphates de soude; phosphates monobasiques, bibasiques et tribasiques. — Borate de soude ou borax. Son emploi dans les essais au chalumeau pour reconnaître les divers métaux. Propriétés oxydantes ou désoxydantes des diverses parties de la flamme. — Emploi du borax pour les soudures. Préparation du borax dans les arts.

Chlorure de sodium ou sel marin. Son existence à l'état de sel gemme. — Extractiou du sel des sources salées. Son extraction des eaux de la mer. — Sels divers que l'on peut retirer des eaux mères des salines.

* *Lithium.* — Signaler seulement son existence et son analogie avec le potassium et le sodium.

33e leçon.

Combinaisons ammoniacales. — Mode de composition des sels ammoniacaux formés par les hydracides et par les oxacides. — Amides. — Chlorhydrate d'ammoniaque; préparation dans les arts. — Sulfhydrates d'ammoniaque. — Carbonates d'ammoniaque. — Action de la pile sur l'ammoniaque en dissolution. — Caractères distinctifs des sels ammoniacaux.

Dosage des alcalis et de l'ammoniaque. — Détermination des proportions de potasse et de soude qui se trouvent dans un mélange de sels formés par ces deux bases.

34e, 35e et 36e leçon.

Baryum. — Baryte; bioxyde de baryum. — Sels formés par la baryte; caractères distinctifs. — Sulfate, azotate et carbonate de baryte. — Sulfure et chlorure de baryum.

* *Strontium.* — Strontiane; analogie des composés de strontium avec ceux de baryum.

Calcium. — Oxyde de calcium ou chaux. Propriétés physiques et chimiques. Eau de chaux et lait de chaux. Fours à chaux. — Sels de chaux; caractères distinctifs. — Sulfate de chaux; gypse ou plâtre; anhydrite. Prise du plâtre; moulage au plâtre; stuc; plâtre aluné. — Carbonate de chaux, dimorphisme; incrustations calcaires, stalactites et stalagmites. — Phosphates de chaux. — Hypochlorite de chaux, son emploi pour le blanchiment; fabrication en grand. Essais chlorométriques. — Chlorure et fluorure de calcium.

Magnésium. — Oxyde de magnésium ou magnésie. — Sels de magnésie; caractères distinctifs. — Sulfate de magnésie. — Hydrocarbonate ou magnésie blanche. — * Chlorure de magnésium.

* Dosage des terres alcalines; méthodes pour les séparer les unes des autres, ainsi que des alcalis.

Aluminium. — Oxyde d'aluminium ou alumine. Alumine cristallisée naturelle; rubis,

saphir, corindon. — Sels d'alumine, caractères distinctifs. — Sulfate d'alumine; aluns. Fabrication en grand de l'alun. — Silicates d'alumine; argiles, kaolin. — * Chlorure d'aluminium. — * Dosage de l'alumine; sa séparation des alcalis et des terres alcalines.

37[e] leçon.

Lois générales que l'on remarque dans la combinaison des corps. Théorie des équivalents chimiques. Loi des volumes des corps gazeux. Loi des chaleurs spécifiques; équivalents thermiques. Théorie atomique.

II[e] ANNÉE.

1[re] leçon.

* Préparation mécanique des minerais. Ce que l'on entend par minerais. Débourbage des minerais ou lavage au patouillet. Triage à la main. Cylindres broyeurs et classification des minerais broyés. Travail dans les cribles à dépôt. Principes physiques sur lesquels sont fondés les principaux procédés de lavage des minerais broyés. Boccard avec labyrinthe. Lavage dans les caisses à tombeau, sur les tables dormantes et sur les tables à secousses.

Manganèse. Combinaisons du manganèse avec l'oxygène. Protoxyde, sesquioxyde, bioxyde de manganèse. — Manganates et hypermanganates. — Sels formés par le protoxyde de manganèse; leurs caractères distinctifs. — Sels de sesquioxyde de manganèse; leurs caractères distinctifs; alun manganésien. Chlorure de manganèse. — Essais des oxydes de manganèse du commerce pour déterminer leur valeur vénale.

2[e], 3[e], 4[e], 5[e] et 6[e] leçon.

Fer. — Propriétés physiques et chimiques du fer. — Combinaison du fer avec l'oxygène.

Sels de protoxyde de fer. — Sulfate et carbonate de protoxyde de fer. — Sels de sesquioxyde de fer. — Caractères distinctifs des sels de protoxyde et de sesquioxyde de fer. — Sulfures de fer, pyrites, protochlorure et sesquichlorure de fer.

Cyanures doubles alcalins ou prussiates; bleu de prusse; préparation du prussiate de potasse dans les arts.

Carbures de fer, fontes et aciers.

* Dosage du fer; sa séparation des métaux précédemment étudiés.

Métallurgie du fer. — Méthode catalane. — Traitement du minerai de fer au haut-fourneau. — Conversion de la fonte de fer en fer ductile.

Fabrication de la tôle et du fer-blanc, du fil de fer.

Fabrication de l'acier.

Essais des minerais de fer. — Analyse des fontes et des aciers. — Analyse des laitiers et des scories de forges.

7ᵉ, 8ᵉ et 9ᵉ leçons.

Chrôme. Combinaison du chrôme avec l'oxygène; protoxyde, sesquioxyde, acide-chromique. — * Sels formés par le protoxyde de chrome; leurs caractères distinctifs. — * Sels formés par le sesquioxyde de chrôme; caractères distinctifs. Sulfate de sesquioxyde de chrome; alun de chrome. — Chromates. Préparation du bichromate de potasse dans les arts. — * Chlorure de chrome. — * Dosage du chrome; sa séparation des métaux précédemment étudiés.

Cobalt. — * Oxydes de cobalt. — * Caractères distinctifs des sels de protoxyde de cobalt. Sulfure et arsénio-sulfure de cobalt. Préparation de l'oxyde de cobalt au moyen de ses minerais. — Smalt et bleu Thenard. — * Dosage du cobalt; sa séparation des métaux précédemment étudiés. — Encre sympathique de cobalt et autres encres sympathiques.

Nickel. — * Oxyde de nickel. Caractères distinctifs des sels de protoxyde de nickel. Préparation de l'oxyde de nickel au moyen du speiss. — Alliage du nickel; maillechort. — * Dosage du nickel; sa séparation des métaux précédemment étudiés.

Zinc. Propriétés physiques et chimiques de ce métal. — Oxyde de zinc. — Sels formés par l'oxyde de zinc; leurs caractères distinctifs. — Sulfate et carbonate de zinc. — Sulfure de zinc ou blende. — Dosage du zinc; sa séparation des métaux précédemment étudiés. — Métallurgie du zinc. Traitements belge, silésien et anglais.

* *Cadmium.* Son existence dans quelques minerais de zinc.

10ᵉ leçon.

Étain. Propriétés physiques et chimiques de ce métal. — Oxyde d'étain. — Sulfures et chlorures d'étain; leur emploi et leur préparation dans les arts. — Caractères distinctifs des composés solubles de l'étain. — Dosage de l'étain; sa séparation des métaux précédemment étudiés. — Métallurgie de l'étain.

11ᵉ et 12ᵉ leçon.

Plomb. Propriétés physiques et chimiques de ce métal. — Combinaison avec l'oxygène; protoxyde de plomb, massicot ou litharge; bioxyde ou acide plombique; minium. Préparation de ces oxydes dans les arts. — Sels formés par le protoxyde de plomb; caractères distinctifs. — Sulfate de plomb, azotate, chromate, acétate et carbonate de plomb. — Préparation de la céruse par le procédé de Clichy et par le procédé hollandais. — Sulfure de plomb ou galène. — Chlorure de plomb. — Dosage du plomb;

sa séparation des métaux précédemment étudiés. — Essais des minerais de plomb par voie sèche; alliage de plomb; alliage des imprimeurs; alliage de la poterie d'étain; soudure des plombiers et des ferblantiers. — Métallurgie du plomb. Traitement de la galène par le fer dans les fourneaux à cuve; traitement de la galène par la méthode à réaction dans le fourneau à réverbère. — Coupellation des plombs d'œuvre pour en extraire l'argent. Affinage des plombs pauvres par cristallisation. — Révivification des litharges. — Fabrication des tuyaux de plomb et du plomb de chasse.

13e leçon.

Bismuth. * Purification du bismuth naturel. — * Oxydes de bismuth — * Caractères distinctifs des sels de bismuth. — * Dosage et séparation des métaux précédemment étudiés. — Alliages de bismuth; alliages fusibles; rondelles fusibles des chaudières à vapeur; pourquoi elles ont été abandonnées.

Antimoine. Propriétés physiques du métal. — Oxydes d'antimoine, chlorures d'antimoine, sulfure naturel et sulfures hydratés, kermès. Caractères distinctifs des combinaisons solubles de l'antimoine. — Dosage de l'antimoine; sa séparation des métaux précédemment étudiés. — Recherche de l'antimoine dans les cas d'empoisonnement. — Traitement métallurgique de l'antimoine.

14e et 15e leçon.

Cuivre. Propriétés physiques et chimiques du métal. — Oxydes de cuivre; oxydule et protoxyde. — Caractères distinctifs des sels formés par l'oxydule et par le protoxyde de cuivre. — Sulfate de cuivre; sa préparation dans les arts. — Azotate de cuivre. — Carbonates naturels. — Vert de Scheele. — Acétates de cuivre; leur préparation dans les arts. — Sulfures de cuivre, pyrites cuivreuses. — Chlorures de cuivre — Dosage du cuivre; sa séparation des métaux précédemment étudiés. — Métallurgie du cuivre. Traitement dans les fourneaux à cuve; traitement du pays de Galles au fourneau à réverbère. — Alliages: alliage de cuivre et de zinc ou laiton; alliages de cuivre et d'étain, bronze des canons, métal des cloches, métal des miroirs de télescope. Analyse de ces alliages.

16e, 17e, 18e et 19e leçon.

Mercure. — Propriétés physiques de ce métal. Purification. — Oxydes de mercure. — Sels fournis par l'oxydule de mercure; leurs caractères distinctifs. — Méthode générale pour les préparer. — Sels formés par le protoxyde de mercure; leurs caractères distinctifs. Sulfate de protoxyde de mercure. — Chlorures; sous-chlorure ou calomel, protochlorure ou sublimé corrosif. Procédés à l'aide desquels on prépare ces composés. — Fulminate de mercure. Amorces des fusils à percussion. — Sulfure de mer-

cure; cinabre, vermillon. — Cyanure de mercure. — Dosage du mercure, sa séparation des métaux précédemment étudiés. — Alliage de mercure ou amalgames; étamage des glaces. — Métallurgie du mercure; traitement d'Idria et d'Almaden.

Argent. — Propriétés physiques et chimiques de l'argent. Oxyde d'argent. Sels formés par l'oxyde d'argent; leurs caractères distinctifs. Azotate d'argent; pierre infernale. — Sulfure d'argent. — Chlorure, bromure et iodure d'argent. — Dosage de l'argent; sa séparation des métaux précédemment étudiés. — Métallurgie de l'argent. Traitement des plombs argentifères par la coupellation. Traitement des cuivres argentifères par liquation. Amalgamation de Freiberg; amalgamation américaine.

Alliages d'argent. Titres légaux des monnaies d'argent et de l'orfévrerie; tolérance. Plaqué d'argent. Essai des matières d'argent par coupellation. Essai par la voie humide. Essai des plombs argentifères.

Or. — Propriétés physiques et chimiques. — Oxydes. Chlorures d'or; pourpre de Cassius. — Dosage de l'or; sa séparation des métaux précédemment étudiés. — Métallurgie de l'or. Extraction de ce métal des sables aurifères. — Alliages d'or. Titres légaux des monnaies d'or et de la bijouterie; tolérance. — Affinage des métaux précieux. Procédés de dorure et d'argenture; dorure au mercure; dorure au trempé; dorure par la pile. — Argenture galvanique. — Galvanoplastie. — Analyse et essais des alliages d'or; analyse des monnaies par le procédé de l'inquartation. Essais au touchau.

Platine. — Propriétés physiques de ce métal. — États divers sous lesquels on l'obtient; platine forgé ou laminé, éponge de platine, noir de platine. — Lampe sans flamme de Davy. — Oxydes de platine. Chlorures. Chlorures doubles alcalins. — Extraction du platine, et travail de ce métal.

Quelques mots sur l'iridium, l'osmium et le palladium pour signaler seulement leur existence dans le minerai de platine.

20ᵉ, 21ᵉ et 22ᵉ leçon.

Poudre à tirer. — Théorie générale des effets produits par la poudre. — Dosage des poudres dans divers pays. — Choix et préparation des matières premières. — Trituration du soufre dans les tonnes. — Carbonisation dans les fosses et dans les cylindres. Nature diverse des charbons employés; leur composition chimique. — Fabrication de la poudre; procédé des pilons; grenoirs, séchoirs. Procédé des meules; lissage. Fabrication de la poudre ronde. — Épreuve de la poudre. Analyse de la poudre.

Chaux et mortiers. — Matériaux de construction. Pierres gélives. — Mortiers faits avec de la chaux grasse. Chaux hydrauliques et ciments. Composition chimique des calcaires qui fournissent ces chaux; précautions particulières dans la cuisson. — Mortiers hydrauliques faits avec de la chaux grasse; pouzzolanes. Béton. Chaux hydrauliques artificielles. Chaux limites. Incuits. Analyse des pierres calcaires. Mastics divers employés dans les arts.

23ᵉ, 24ᵉ et 25ᵉ leçon.

Verres. — Propriétés générales des divers silicates employés à la fabrication des verres. Propriétés des silicates multiples. Verres incolores, verres de Bohême, verres à vitres français. Emploi du peroxyde de manganèse pour blanchir le verre. Fours à verrerie. Travail du verre. Creusets de verrerie. Fabrication des glaces coulées. Verres à bouteilles. Fabrication du cristal. Fabrication du verre pour l'optique. Crown-glass et flint-glass. Imperfections et altérations du verre. Verres colorés et peinture sur verre. Analyse du verre.

Art du potier ou art céramique. — Argiles; propriétés qu'elles acquièrent par la cuisson. Couverte. Son utilité, conditions auxquelles elle doit satisfaire. Porcelaines; matières employées à sa confection. Kaolin. Travail des pâtes, confection des pièces. Fabrication par coulage. Cuisson de la porcelaine. Poteries de grès. Faïences. Terres cuites. Briques ordinaires pour les constructions; briques et creusets réfractaires. Décorations des poteries. — Peinture sur porcelaine.

CHIMIE ORGANIQUE.

26ᵉ, 27ᵉ, 28ᵉ, 29ᵉ et 30ᵉ leçon.

Nature des substances organiques. — Analyse élémentaire des substances organiques.

Germination; nutrition et accroissement des plantes. — Phénomènes que présentent les parties vertes dans leur contact avec l'air et l'acide carbonique, quand elles sont exposées à la lumière, ou placées dans l'obscurité.

Matières toutes formées dans les végétaux; neutres, acides ou alcalines.

Propriétés caractéristiques de la cellulose, du ligneux, du sucre, de l'amidon, des gommes, du tanin, de la pectine, du gluten.

Acide acétique; acétates d'alumine, de fer, de plomb. — Acide tartrique, crème de tartre, émétique.

Morphine, quinine. Sulfates de ces bases.

Fermentation alcoolique; alcool, éther sulfurique.

31ᵉ et 32ᵉ leçon.

Digestion, circulation, respiration, nutrition, chaleur animale, sécrétion. — Comparer l'action des animaux à celle des végétaux sur l'air, et faire ressortir leur influence réciproque sur la composition de l'atmosphère.

Propriétés caractéristiques de la fibrine, de l'albumine, de la caséine, de la gélatine, de la lactine, de l'urée, de l'acide urique.

Composition des principaux liquides de l'économie animale: sang, lymphe, lait, bile, sueur, urine, et des calculs urinaires et biliaires.

Composition des substances constitutives solides des animaux : os, dents, cartilages, matière cornée, peau, chair musculaire.

Décomposition spontanée des matières organiques.

33e, 34e, 35e, 36e et 37e leçon.

Fabrication des principaux produits d'origine organique :

Panification.

Fabrication du vin, de la bière, du cidre.

Extraction du sucre de la canne, de la betterave.

Fabrication du noir animal.

Fabrication des savons.

Principes chimiques de l'art de la teinture.

Fabrication de la colle.

Tannage des peaux.

Carbonisation du bois et de la houille.

Fabrication du gaz de l'éclairage.

Conservation des substances alimentaires.

Chaque leçon sera d'une heure et demie. Autant que le permettront les expériences, la première demi-heure sera consacrée à des interrogations sur les matières de la leçon précédente.

Les compositions écrites seront données dans la proportion d'une pour quatre leçons.

Les professeurs et les répétiteurs suivront les travaux des élèves dans les salles, durant toutes les études consacrées au cours.

Après la clôture des leçons de chaque année, les élèves seront interrogés sur le cours entier, par les professeurs et les répétiteurs.

MANIPULATIONS DE CHIMIE.

Ire ANNÉE.

Ire manipulation. — Préparation de l'oxygène. — Combustion du charbon, du soufre, du phosphore, du fer, dans l'oxygène.

2e manipulation. — Préparation de l'hydrogène par le zinc et l'acide sulfurique étendu d'eau. Extraction du sulfate de zinc par évaporation de la liqueur. — Détonation d'un mélange d'hydrogène et d'oxygène dans l'eudiomètre à eau. Les volumes

gazeux seront mesurés dans une cloche graduée, et l'on déduira de l'expérience la composition de l'eau. — Décomposition de la vapeur d'eau par le fer incandescent.

3e manipulation. — Préparation de l'acide azotique par l'action de l'acide sulfurique sur l'azotate de potasse.

Préparation du deutoxyde d'azote par l'action de l'acide azotique sur le cuivre métallique. Extraction de l'azotate de cuivre par évaporation de la liqueur.

4e manipulation. — Préparation du protoxyde d'azote par l'azotate d'ammoniaque. Combustion du soufre et du charbon dans ce gaz. — Préparation de l'ammoniaque en dissolution dans l'eau.

5e manipulation. — Cristallisation du soufre par fusion. Distillation du soufre. Préparation du soufre mou. — Préparation de l'acide sulfurique par l'action de l'acide azotique sur le soufre. — Préparation de l'acide sulfureux par l'action de l'acide sulfurique concentré sur le cuivre métallique. Extraction du sulfate de cuivre des résidus.

6e manipulation. — Préparation de l'acide sulfurique par la réaction qui s'établit entre l'acide sulfureux, le deutoxyde d'azote et l'oxygène de l'air atmosphérique en présence de l'eau. — Préparation de l'hydrogène sulfuré par la réaction de l'acide chlorhydrique sur le sulfure d'antimoine.

7e manipulation. — Préparation du chlore par l'action de l'acide chlorhydrique sur le peroxyde de manganèse. Extraction du chlorure de manganèse du résidu. Action du chlore sur les matières colorantes organiques. Combustion de l'antimoine dans le chlore. Transformation de l'acide sulfureux en acide sulfurique par le chlore en dissolution dans l'eau.

8e manipulation. — Préparation de l'acide chlorhydrique par l'action de l'acide sulfurique sur le sel marin. Extraction du sulfate de soude du résidu. — Préparation de l'iode. Coloration de l'amidon par une dissolution aqueuse d'iode.

9e manipulation. — Absorption de l'oxygène de l'air par le phosphore, dans une cloche graduée; en déduire l'analyse de l'air atmosphérique. — Préparation de l'acide phosphorique par l'action de l'acide azotique sur le phosphore. — Préparation de l'hydrogène phosphoré, par l'action du phosphore sur la chaux hydratée.

10e manipulation. — Décomposition de l'acide arsénieux par le charbon dans un tube de verre. Recherche de l'arsenic par l'appareil de Marsh. — Préparation de l'acide borique au moyen du borax et de l'acide chlorhydrique. Fusion de l'acide borique. — Coloration de l'acide borique et du borax par des oxydes métalliques.

11e manipulation. — Préparation du silicate de soude soluble et de l'acide silicique gélatineux. — Préparation de l'acide carbonique par le carbonate de chaux et l'acide chlorhydrique. Constater son absorption par les liqueurs alcalines et par l'eau de chaux. — Préparation du gaz oxyde de carbone par l'action de l'acide sulfurique concentré sur le bioxalate de potasse.

12e manipulation. — Préparation de l'hydrogène bicarboné par l'action de l'acide sulfurique concentré sur l'alcool. — Préparation de l'hydrogène protocarboné par l'action des hydrates alcalins sur les acétates. — Préparation du sulfure de carbone. Cristallisation du soufre dans le sulfure de carbone.

13e manipulation. — Expériences diverses de décomposition de sels par les acides et par les bases, et de double décomposition de sels. Caractères distinctifs des chlorures, iodures, fluorures et sulfures.

14e manipulation. — Caractères distinctifs des sulfates, sulfites et hyposulfites ; des azotates et azotites ; des chlorates et hyperchlorates ; des phosphates ; des arséniates et arsénites ; des borates, des silicates, des carbonates.

15e manipulation. — Préparation de la potasse caustique par l'action de la chaux sur la dissolution de carbonate de potasse. Extraction du carbonate de potasse des cendres. Préparation du bicarbonate de potasse. Caractères distinctifs des sels de potasse ; étude comparative avec les sels de soude.

16e manipulation. — Essai alcalimétrique. Préparation du chlorate de potasse et des chlorures décolorants. — Essais chlorométriques.

17e manipulation. — Préparation de la baryte caustique par la calcination de l'azotate de baryte. Préparation du chlorure de baryum, au moyen du sulfate de baryte naturel. Caractères distinctifs des sels de baryte.

18e manipulation. — Essai d'une pierre calcaire, pour constater la nature de la chaux qu'elle donne à la cuisson. Caractères distinctifs des sels de chaux. — Préparation de l'alumine : 1° par la calcination de l'alun ammoniacal ; 2° par précipitation, au moyen de l'ammoniaque.

Nota. Il y aura, à la fin de l'année, deux manipulations de concours.

IIe ANNÉE.

1re manipulation. — Préparation du protochlorure de manganèse. Caractères dis-

tinctifs des sels de manganèse. Préparation du manganate et de l'hypermanganate de potasse. Essai d'un oxyde de manganèse du commerce.

2e manipulation. — Préparation du fer pyrophorique ; du sesquioxyde de fer par voie humide et par voie sèche; du sesquichlorure de fer par voie humide et par voie sèche. Caractères des sels de protoxyde et de sesquioxyde de fer.

3e manipulation. — Transformation d'un sel de protoxyde de fer en sel de sesquioxyde. Transformation d'un sel de sesquioxyde en sel de protoxyde. Essai d'un minerai de fer par voie humide et par voie sèche, à la forge.

4e manipulation. — Préparation du chromate de potasse, au moyen du fer chromé, du sesquioxyde ou oxyde vert de chrome. Préparation du sesquichlorure de chrome anhydre et en dissolution.

5e manipulation. — Purification du zinc par distillation. Combustion du zinc à l'air. Préparation du sulfate de zinc. Caractères distinctifs des sels de zinc. Séparation du fer, du zinc et de l'alumine.

6e manipulation. — Préparation du chlorure de nickel. Caractères des sels de nickel. — Préparation du protochlorure et du bichlorure d'étain en dissolution. Préparation du bichlorure anhydre. Préparation de l'acide stannique.

7e manipulation. — Préparation de l'or mussif. Extraction de l'antimoine du sulfure naturel. Préparation du sesquichlorure d'antimoine et du sesquioxyde par voie humide et par grillage du métal. Préparation du kermès.

8e manipulation. — Préparation de l'azotate de bismuth; caractères des sels de bismuth. Alliage fusible de Darcet. — Préparation de l'azotate de plomb; caractères distinctifs des sels de plomb. Préparation du protoxyde de plomb et du bioxyde.

9e manipulation. — Arbre de Saturne. Préparation du plomb par la réaction du sulfure de plomb sur le sulfate. Essai d'une galène pour plomb. Analyse de l'alliage des imprimeurs et de la soudure des plombiers. Séparation du plomb et du zinc par le gaz acide sulfhydrique.

10e manipulation. — Préparation de l'azotate de cuivre; du protoxyde et de l'oxydule de cuivre, du vert de schèele. Caractères distinctifs des sels de cuivre. Analyse du laiton et du bronze.

11e manipulation. — Extraction du mercure du cinabre. Préparation de l'azotate de

mercure et de l'oxyde rouge. Caractères distinctifs des sels de mercure. Préparatiou du vermillon par voie humide.

12e manipulation. — Préparation des chlorures de mercure. — Préparation de l'azotate d'argent. Caractères distinctifs des sels d'argent. Analyse d'une monnaie d'argent par la dissolution titrée de sel marin.

13e manipulation. — Coupellation d'un plomb argentifère. Essai d'une monnaie d'argent par coupellation. Essai d'un minerai cuivreux argentifère par liquation et par coupellation.

14e manipulation. — Analyse de la poudre à canon. — Analyse d'un calcaire argileux. — Essais des divers oxydes métalliques, au chalumeau, avec le borax, le carbonate de soude, etc., etc.; caractères distinctifs qu'ils fournissent pour les métaux.

15e manipulation. — Préparation de l'acide oxalique par le sucre et l'acide azotique.. — Préparation de l'acide tartrique; de l'émétique. — Fermentation alcoolique.

16e manipulation. — Préparation de l'éther. — Préparation de l'acide acétique, de l'acétate de plomb. Distillation des acétates de plomb et de cuivre; séparation de l'acétone. — Caractères distinctifs des gommes; préparation de l'acide mucique.

17e manipulation. — Extraction de l'amidon des pommes de terre ; du gluten des céréales. Transformation de l'amidon en glucose. — Préparation de l'acide pectique.

18e manipulation. — Saponification d'une graisse. Préparation d'un savon de soude, d'un savon de chaux. Préparation de l'acide stéarique. Saponification d'une graisse par la litharge, séparation de la glycérine. Analyse d'un savon.

19e manipulation. — Manipulation sur la teinture. Blanchiment du lin par le chlorure de chaux. Décreusage et dégommage de la soie. Alunage. Quelques expériences de teinture. Cuve d'Inde.

Nota. Chaque élève exécutera isolément deux manipulations de concours.

VI. COURS DE GÉODÉSIE.

TRIGONOMÉTRIE.

1re et 2e leçon.

Rappel des formules en usage dans la résolution des triangles sphériques rectangles, ou obliquangles.

Expression, en série, de la différence qui existe entre l'hypoténuse et le côté d'un triangle sphérique rectangle, lorsque l'hypoténuse et le côté sont peu inclinés l'un sur l'autre. Exemple numérique.

Réduction d'un angle à l'horizon. Formule pour le calcul direct de la réduction. Exemple numérique.

Calcul des triangles sphériques dont les côtés sont très-petits, par rapport au rayon de la sphère. On peut alors ramener la résolution du triangle sphérique à celle d'un triangle rectiligne. — Application aux différents cas qui se présentent dans la pratique. Exemple numérique.

MESURE DU TEMPS.

3e et 4e leçon.

Horloges. — Balancier régulateur; suspension; longueur; compensation pour les changements de température. — Force motrice. — Échappement à ancre, dépendant et à repos; roue de rencontre. Tracé de cet appareil. — Du rouage. — Plan général d'une horloge. Nombre de dents de ses différentes roues. Remontage.

Chronomètre ou montre marine. — Balancier à ressort; compensation pour les variations de température. De l'influence des mouvements extérieurs. Isochronisme du spiral. — Ressort moteur. Barillet. Fusée. — Échappement libre. — Plan général; nombre de dents des roues. — Remontage. — Chronomètre à repos et à aiguilles de pointage.

MESURE DES ANGLES.

5e, 6e, 7e, 8e et 9e leçon.

Principe général de la mesure des angles. — Cercle gradué. Alidades. Pinnules.

Emploi des lunettes pour rendre le pointé plus précis. — Lunette astronomique. — Réticule. Ligne de visée. — Parallélisme de l'axe optique au plan du limbe. Lunette d'épreuve.

Division du cercle; sa vérification. Verniers et microscopes.

Principe de la répétition des angles. Atténuation des erreurs de division et de pointé.

Description du cercle répétiteur. — Lunettes supérieure et inférieure. — Vis de pression : vis de rappel. — Verniers. — Pied. Cercle azimuthal. *Axe de la colonne.* Fourche. *Axe de la fourche.* Quart de cercle. *Axe du limbe.* Tambour. Niveaux à bulle d'air.

Observation d'un angle. — Mettre le limbe dans le plan des objets. — Répétition des angles simples. Répétition des angles doubles. Correction pour l'excentricité de la lunette inférieure : calcul pratique. — Exercices; opérations sur le terrain.

Observation des distances zénithales. — Comment on rend vertical *l'axe de la colonne.* — Verticalité du plan du limbe. — Parallélisme de l'axe optique. — Mesure de l'angle double. Répétition. — Exercices; opérations sur le terrain.

Observations nécessaires à la détermination d'un angle réduit à l'horizon. — Le théodolite donne immédiatement l'angle réduit à l'horizon.

Observations astronomiques. — Éclairage des fils pendant la nuit.

Instruments à réflexion. — Description du sextant. — Alidade, vis de pression. Vernier. — Grand et petit miroir. — Lunette.

Mesure d'un angle. Exactitude qu'on peut atteindre. — Intensité des deux images.

Comment on obtient la perpendicularité des deux miroirs au plan du limbe, soit à terre, soit en mer. — Parallélisme des surfaces des miroirs et des verres. — Rectification du sextant. — Erreur de collimation.

Hauteur du soleil en mer; à terre, horizon artificiel. — Degré d'exactitude. — Exercices.

Hauteur de la lune dans les mêmes circonstances. — Degré d'exactitude.

Hauteur des étoiles. — Degré d'exactitude.

Distance de la lune au soleil. — Degré d'exactitude.

Distance de la lune à une étoile. — Degré d'exactitude.

ASTRONOMIE.

10e leçon.

Mouvement diurne des étoiles. — Méridien. — Détermination du méridien par l'observation des hauteurs correspondantes d'une étoile. — Méridienne. Points cardinaux. Azimuth.

Étoiles circumpolaires. — Passages supérieur et inférieur. — Distance zénithale du pôle. Elle est le complément de la latitude du lieu.

Le mouvement apparent de la sphère céleste autour de la ligne des pôles est circulaire et uniforme. — Jour sidéral. — Rotation du sphéroïde terrestre autour de son axe. — Équateur. Parallèles. Cercles horaires. — Coordonnées équatoriales d'une étoile.

Déclinaison des étoiles. — On la déduit de la distance zénithale, mesurée avec le cercle au moment de la culmination. — Comment on déterminerait la distance zénithale si le cercle ne pouvait être retourné.

11[e] et 12[e] leçon.

Différences d'ascension droite des étoiles. — Elles s'obtiennent simplement au moyen de la lunette méridienne. Description de cette lunette. — Supports des tourillons. Comment on rend l'axe des tourillons parfaitement horizontal. Retournement du niveau et de l'axe lui-même. — Rectification de l'axe optique. — Placer l'axe optique dans le plan du méridien.

Réticule composé de plusieurs fils parallèles. S'assurer de leur verticalité. — Calcul du passage au fil moyen, quand on a observé le passage à tous les fils.

Étude de la marche d'une pendule ou d'un chronomètre.

* Description du ciel. — Principales constellations boréales et zodiacales. — Alignements. — Étoile polaire. A quel moment elle est sensiblement dans le méridien.

* Désignation des étoiles par des lettres. — Ordres de grandeur. — Noms des plus belles étoiles. — Exercices sur le ciel lui-même (1).

13[e] leçon.

Réfractions. — Elles diminuent les distances zénithales apparentes et ne changent pas l'azimuth.

* Réfraction astronomique. — Son expression en série, quand la distance zénithale n'atteint pas 80°. — Détermination des coefficients par les observations des étoiles circumpolaires. Exemple numérique, tiré d'observations *réelles.*

Table des réfractions, pour la température moyenne de 10° et pour la hauteur barométrique $0^m,76$. — Facteur pour le calcul de la réfraction à une autre température et pour une autre hauteur barométrique. Applications.

Formule pour le calcul des réfractions terrestres. — Détermination de la réfraction et des distances zénithales par des observations réciproques, faites simultanément en deux stations.

14[e] et 15[e] leçon.

Du soleil. — Observation du soleil. — Emploi des verres de couleur. — Son disque est parfaitement circulaire. — Observation de sa différence en ascension droite avec

(1) Il est nécessaire que, pendant les leçons d'astronomie, une carte du ciel, tracée sur une grande échelle, soit constamment sous les yeux des élèves. Le professeur indiquera la place de chaque phénomène sur cette carte.

une étoile donnée. — Observation de la déclinaison. — Mouvement propre du soleil suivant un grand cercle de la sphère. Équinoxes. Plan de l'écliptique.

Détermination de l'ascension droite d'une étoile et de l'obliquité de l'écliptique. Exemple numérique tiré des données brutes d'observations réellement effectuées vers un équinoxe et un solstice. — Catalogues d'étoiles.

16e et 17e leçon.

Longitude du soleil. — En la comparant au diamètre apparent, on conclut que les aires décrite sont proportionnelles aux temps, et que la courbe décrite est une ellipse. — On en déduit l'expression de la longitude et du rayon vecteur en fonctions du temps, du moyen mouvement, de la longitude moyenne de l'époque, de l'excentricité et de la longitude moyenne du périgée. — Valeurs exactes des constantes au 1er janvier 1850.

Exercice. Calcul de la longitude et du rayon vecteur pour une époque donnée. Comparaison avec la Connaissance des temps.

Ascension droite du soleil en fonction du temps. — Définition précise du temps moyen. — Expression numérique de l'équation du temps. — Son usage. Temps moyen au midi vrai, donné dans la Connaissance des temps.

18e et 19e leçon.

Déplacement de l'équateur et de l'écliptique. — Ascensions droites et déclinaisons de quelques étoiles situées vers les solstices et les équinoxes, en 1755 suivant Bradley, en 1800 suivant Piazzi, en 1845 suivant les observations modernes. — Obliquités de l'écliptique observées aux mêmes époques. —Calcul des longitudes et des latitudes de ces étoiles aux mêmes époques.

Mouvement de l'équinoxe. — Terme séculaire. Précession. — Terme périodique. Nutation.

Obliquité de l'écliptique pour 1850 + *t*. Terme séculaire. Déplacement de l'écliptique. — Terme périodique. Nutation de l'équateur.

* Expressions *numériques* pour 1850 + *t*, de la longitude et de la latitude de deux étoiles, situées, l'une vers un équinoxe, l'autre vers un solstice. — Expressions *numériques* correspondantes de l'ascension droite et de la déclinaison des mêmes astres. — Dans la partie proportionnelle au temps, on tient compte du faible mouvement propre qu'ont beaucoup d'étoiles.

Longitudes moyennes du soleil, rapportées à l'équinoxe mobile. — Année sidérale et année tropique. — Calendrier Julien. — Réforme Grégorienne.

20e et 21e leçon.

De la lune. — Diamètre apparent. — Observations de l'ascension droite et de la dé-

16.

clinaison. — On en conclut la longitude et la latitude. — Nature de l'orbite pendant une lunaison. — Variation de la position et de la forme avec le temps. — Évection. — Durée de la révolution sidérale. — Durée de la révolution synodique.

Parallaxe de la lune. Elle affecte la hauteur apparente de l'astre. — La déduire des observations simultanées, faites en Europe et au cap de Bonne-Espérance. — Rapport du volume de la lune à celui de la terre. Rapport des masses.

Des éclipses de lune et de soleil.

22e et 23e leçon.

* Le mouvement du soleil n'est qu'apparent. — C'est la terre qui se meut autour de cet astre. — Longitude héliocentrique. — Toutes les planètes décrivent autour du soleil des courbes planes, conformément aux deux premières lois de Képler.

* Éléments des orbites de Vénus, Mars, Jupiter et Saturne, pour le 1er janvier 1850. — Masses de ces planètes. — Troisième loi de Képler.

Détermination de la parallaxe de Mars, au moment de l'opposition, par des observations simultanées faites en Europe et au cap de Bonne-Espérance. — On en conclut la parallaxe du soleil.

Satellites de Jupiter. Leurs éclipses.

24e, 25e et 26e leçon.

Problèmes. — Déterminer : 1° la latitude, par l'observation de la culmination d'une étoile, du soleil, ou de la lune, avec le cercle ou avec le sextant; 2° la latitude, par l'observation d'une série de hauteurs circumméridiennes; 3° l'heure, par la méthode des hauteurs correspondantes. Équation des hauteurs correspondantes; 4° l'heure, par l'observation d'une distance zénithale convenablement choisie, quand on connaît la latitude; 5° l'heure et la latitude, par l'observation de deux distances zénithales convenables.

Déterminer la longitude : 1° Au moyen des garde-temps; 2° Par les éclipses des satellites de Jupiter. Application à des observations réelles; 3° Par les signaux de feu; 4° Par les distances lunaires. Réductions; 5° Par les occultations d'étoiles par la lune, et par les éclipses de soleil.

GÉODÉSIE.

27e leçon.

Objet de la géodésie. — Formation d'un réseau géodésique. — Triangles de différents ordres; leurs dimensions; la meilleure forme à leur donner.

Des signaux. — Signaux naturels, tours, clochers. — Correction relative à la phase

du signal observé. — Signaux artificiels — Signaux de nuit. Avantages des observations de nuit.

Réduction des angles au centre de la station. Éléments et calcul de cette réduction.

Mesure des bases. — Règles de bois. Règles métalliques. — Règles mises en usage pour la méridienne de France. — Correction relative aux changements de température. — Réduction de la base à l'horizon et au niveau de la mer. — Bases brisées. — Bases de Melun et de Perpignan.

28e, 29e, et 30e leçon.

Orientation du réseau. Observations d'azimut.

Résumé des opérations d'une triangulation. — De l'ordre des calculs. — Première approximation des côtés. — Correction des angles. — Seconde approximation.

Distances à la méridienne et à la perpendiculaire.

Nivellement. — Calcul des altitudes. Réduction au sommet du signal. Influence de la réfraction. — Observations correspondantes.

Nivellement barométrique. — Formule. Comment on la simplifie.

31e leçon.

Figures et dimensions de la Terre, déduites des longueurs des différents degrés. — Aplatissement. — Valeur du mètre.

32 et 33e leçon.

Cartes géographiques. — Mappemonde. — Cartes particulières. — Développement de Flamsteed. — Construction de la nouvelle carte de France. — Carte marine.

Une épure, exécutée par les élèves, comprendra les divers systèmes de projection en usage au dépôt de la guerre et dans les services publics.

Nota. Ce cours sera fait durant le second semestre de la seconde année.

Outre les compositions écrites, qui seront données dans la proportion d'une pour quatre leçons, les élèves auront à exécuter les croquis des principaux organes du cercle répétiteur et du sextant.

La première demi-heure de chaque leçon, d'une heure et demie, sera consacrée, par le professeur, à une interrogation sur les matières de la leçon précédente.

Les professeurs et les répétiteurs suivront le travail des élèves dans les salles, durant toutes les séances consacrées au cours.

Après la clôture du cours de chaque année, les élèves seront interrogés sur le cours entier par le professeur et le répétiteur.

VII. ARCHITECTURE ET TRAVAUX PUBLICS.

Ire PARTIE. — ÉLÉMENTS DES ÉDIFICES.

1re, 2e et 3e leçon.

Considérations générales. — Constructions en pierres. — Matériaux.

Des fondations sur terrains incompressibles; sur terrains compressibles. — Fondations dans l'eau. — Épaisseur des fondations. Disposition des empatements.

Des maçonneries. — Maçonneries homogènes en pierre de taille, en moellons, en briques. Maçonneries mixtes. Murs avec chaînes verticales et horizontales.

4e, 5e, 6e et 7e leçon.

Épaisseur des murs. — Contre-forts. — Murs de soutènement avec ou sans contreforts. — Décoration des murs. — Refends. — Bossages des colonnes. — Leurs dispositions. — Leurs proportions.

Des moulures. — De l'art de profiler. — Des ordres de colonnes. — De l'ordre dorique grec. — Ordre dorique moderne. — Ordre toscan. — Ordre ionique. — Ordre corinthien. Ses variétés. — Divers systèmes de décoration des fûts de colonnes. — Des pilastres. — Des caryatides.

8e, 9e et 10e leçon.

Des arcades sur pieds droits. Disposition. Proportions. Décoration. — Des arcades sur colonnes. — Des arcades avec colonnes ou pilastres.

Des portes et des fenêtres. Disposition. Proportions. Décoration.

Des soubassements. — Des attiques. — Des corniches de couronnement. — Des frontons. — Des balustrades.

11e, 12e et 13e leçon.

Des plafonds. — Des voûtes. — Voûtes en berçeau; en berçeau avec lunettes. — Voûtes d'arêtes; en arc de cloître; sphériques; sur pendentifs; en dômes; annulaires. — Diverses formes de directrices.

Poussées des voûtes de diverses formes. — Dispositions employées pour y résister. — Voûtes des architectures romane et ogivale. — Constructions des voûtes. — Épaisseurs à la clef. — Décoration des voûtes.

14ᵉ, 15ᵉ, 16ᵉ, et 17ᵉ leçon.

Des constructions en bois. — Description des matériaux; des pans de bois. — Disposition; proportions; décoration. — Des supports isolés.

Des planchers ; disposition, proportions. — Décoration.

Des combles. — Diverses dispositions de fermes droites et courbes. — Des croupes. — Des noues. — Décoration des combles.

De la menuiserie. Planchers. Parquets. Lambris. Portes. Châssis vitrés.

18ᵉ leçon.

Des constructions en fer. — Principales propriétés du fer et de la fonte au point de vue de l'art des constructions. — Assemblages. — Emploi du fer à la consolidation des édifices. — Supports isolés, planchers, combles en fer ou en fonte.

IIᵉ PARTIE. — COMPOSITION DES ÉDIFICES.

19ᵉ, 20ᵉ, 21ᵉ et 22ᵉ leçon.

Considérations générales. — Portiques formés par des colonnes ou des arcades. Portiques formés par des arcades sur colonnes. — Des portiques superposés. Des porches. — Des vestibules.

23ᵉ et 24ᵉ leçon.

Des escaliers. — Proportion des marches. — Construction en pierre; en bois; en fonte. — Escalier à rampe droite compris entre deux murs d'échiffre. — Escaliers monumentaux. — Escaliers suspendus. — Escaliers circulaires; à noyau plein.

25ᵉ, 26ᵉ et 27ᵉ leçon.

Des salles plafonnées. — Des salles voûtées.

Des cours. — Des jardins. — Des fontaines. — Dispositions des places publiques.

28ᵉ, 29ᵉ, 30ᵉ, 31ᵉ, 32ᵉ et 33ᵉ leçon.

Composition générale des édifices. — Marche à suivre. — Application à un projet d'École polytechnique.

Des hôtels. — Des maisons de campagne. — Des maisons à loyer : dispositions à adopter pour leur salubrité. — Des hôpitaux. — Des prisons.

34ᵉ leçon.

Des arcs de triomphe. — Des portes de villes. — Des arcades de ponts suspendus.

IIIe PARTIE. — VOIES DE COMMUNICATION.

35e, 36e, 37e, 38e, 39e et 40e leçon.

Des routes. — Leur profil. — Chaussées pavées; empierrées. — Tracé des routes. — Éléments à prendre en considération pour déterminer les rampes maxima.

Ouvrages d'art relatifs à l'établissement des routes. Aqueducs. Ponceaux. Ponts. Viaducs.

Canaux de pente. Canaux à écluses. Disposition des écluses. Dépense d'eau. Plans inclinés.

Navigation en lit de rivière. Barrages. Pertuis. Écluses. — Digues transversales; longitudinales.

Chemins de fer. Leur disposition. Leur tracé. Machines locomotives; fixes. Plans inclinés.

Comparaison, sous le rapport de l'économie, des diverses espèces de voies de communication.

Nota. Les élèves dessineront, pendant la leçon, les esquisses que le professeur tracera sur le tableau. Dans l'étude qui suivra, ils feront les esquisses ou dessins indiqués par le professeur.

Les croquis tracés aux leçons feront partie du travail graphique.

Ce cours sera suivi de quatre concours qui porteront sur la composition des édifices. — Les meilleures compositions seront exposées.

L'enseignement du lavis sera dirigé par le professeur d'architecture.

Les élèves exécuteront quatre lavis la première année, et trois la seconde.

VIII. ART MILITAIRE ET FORTIFICATIONS.

Ire PARTIE. — NOTIONS GÉNÉRALES SUR L'ART DE LA GUERRE.

1re leçon.

Quelques mots sur les armées grecques et romaines, sur les armées féodales. — Origine des armées permanentes.

Organisation actuelle de l'armée française. — Recrutement. Avancement. Hiérarchie.

— Subdivision des corps. États-majors. — Différentes armes. Infanterie. Cavalerie. Artillerie. Génie. — Services accessoires, administratifs. — Rapport des forces des divers corps. Donner, pour exemple, la composition d'une armée de 30,000 hommes.

Nota. Un tableau qui sera exposé dans les salles, donnera la composition d'une armée de 30,000 hommes.

2e leçon.

Services militaires qui se recrutent à l'École polytechnique.

Artillerie. — Quelques mots sur son historique. — Régiments d'artillerie. — Pontonniers, ouvriers armuriers, train des parcs. — Service des officiers d'artillerie attachés à l'état-major, aux fonderies. — Manufactures d'armes. — Artillerie de marine.

Génie. — Quelques mots sur son historique. — Régiments. — Ouvriers. — Service des officiers du génie attachés aux états-majors et aux places. — Corps d'état-major. Quelques mots sur son historique. Fonctions.

Nota. Donner, dans les salles, un tableau lithographié de la composition des trois armes.

3e et 4e leçon.

Des différentes armes à feu. — Aperçu historique. — Du fusil. Fusil de rempart. Fusil à tige. — Des diverses bouches à feu. — Projectiles pleins et creux. — Tir du fusil et des diverses bouches à feu. — Charges. Portées. Pénétrations. Effets. — Bombardements. — Fusées. — Affûts. Poids et dimensions. — Voitures employées par l'artillerie, par le train des équipages. Leurs dimensions, leurs poids. — Quelques mots sur les mines. Leurs effets sur la terre et les maçonneries. Charges, etc. — Quelques mots sur les armes blanches.

Nota. Donner, dans les salles, un tableau indiquant les choses essentielles à retenir dans cette leçon.

5e Leçon.

Tactique. — Définition. — Détails en ce qui concerne particulièrement l'infanterie. — Ordre de bataille; ordre de marche. — Tirailleurs; passage de l'ordre en bataille à celui en colonne et réciproquement. — Mouvements en bataille, en colonne. — Tactique des tirailleurs. — Formation contre la cavalerie. — Un mot sur la castramétation.

Nota. Donner, dans les salles, des planches indiquant diverses manœuvres et un camp complet.

6e leçon.

Stratégie. — Définitions. — Points et lignes stratégiques. — Bases et lignes d'opérations. — Subsistances. Système de magasins.

17

Des marches. Avant-gardes, arrières-gardes et flanqueurs. Colonnes de marche. — Des convois. — Passage des rivières. — Tableau d'un passage de rivière.

Invasion. — Batailles. — Ordres de bataille. — Disposition du combat. — De la guerre en pays de montagnes.

Convois. — Cantonnement. — Reconnaissances militaires.

Nota. Donner, dans les salles, quelques tableaux de batailles célèbres.

7e leçon.

Communications militaires. — De l'influence des communications sur les opérations militaires. — Des routes en plaine; en pays de montagnes. — Quelques mots sur les règlements d'ouverture et d'entretien des routes, en ce qui concerne les travaux mixtes. — Des canaux navigables. — Des ponts. Différentes espèces. — Leur établissement réparti entre l'artillerie et le génie. — Destruction et rétablissement des ponts.

Des chemins de fer. — De leurs avantages et de leurs inconvénients.

On mettra sous les yeux des élèves quelques modèles de ponts (ceux, par exemple, qui sont sans emploi au dépôt des fortifications.)

2e PARTIE. — FORTIFICATION PASSAGÈRE.

8e leçon.

De la fortification naturelle : ses limites extrêmes. De la fortification artificielle qui en est le complément. Fortification passagère. Fortification permanente. Caractère et limites de la fortification passagère. Du profil. Tranchées; fortification rapide; profils des ouvrages ordinaires. Nomenclature et dimensions variables des diverses parties du profil. Rapport entre le déblai et le remblai.

Exercices. Dessin de cinq profils de fortification passagère, depuis la tranchée jusqu'au profil maximum, avec le calcul de l'égalité du déblai au remblai en tenant compte du foisonnement.

9e leçon.

Formes élémentaires des retranchements. Secteurs privés de feu, angles morts, flanquement.

Nomenclature, dimensions et propriétés des ouvrages le plus généralement employés. Ouvrages isolés; ouvrages formant système. Lignes continues. — Détails sur le tracé d'un ouvrage particulier. Dispositions pour son armement : plates-formes, embrasures.

Exercices. Tracé à petite échelle, par la crête intérieure seulement, de diverses espèces de retranchements. Tracé détaillé, à l'échelle de 1/200, avec profils, d'une lunette ou d'une redoute entière, avec le calcul des déblais et des remblais.

10e leçon.

Divers modes de revêtements des talus intérieurs et des escarpes. — Défenses accessoires principales ajoutées aux retranchements — Blockhaus. — Fougasses. — Emploi des eaux. — Des villages retranchés; bâtiments isolés.

11e leçon.

De l'application de la fortification au terrain. — Idée du défilement. Il doit autant que possible, dans la fortification de campagne, s'opérer par le tracé. — Camps retranchés; lignes; têtes de ponts. — Considérations sur l'emploi des retranchements. — De leur attaque et de leur défense.

3e PARTIE. — FORTIFICATION PERMANENTE.

12e leçon.

Caractère général de la fortification permanente. — Comment, de l'enceinte à tours, on est passé, avec les progrès de l'artillerie, à l'enceinte bastionnée.

Idée générale d'une grande place forte. — Nomenclature. Enceinte. Fossés. Ouvrages extérieurs. Chemins couverts et glacis. Ouvrages détachés. Résistance des places.

Bâtiments militaires. Casernes. Magasins. Arsenaux. Hôpitaux, manutention, etc.

Servitudes militaires. — Zônes de servitude. — Polygones exceptionnels. Coup d'œil sur les règlements qui régissent cette matière; travaux mixtes, etc.

13e, 14e, 15e, 16e et 17e leçon.

Examen et description détaillée d'un front de fortification d'après le premier tracé de Vauban, avec ou sans orillons. — Un mot sur le défilement, sur les inondations et sur les mines.

Idée succincte des principaux tracés qui ont été suivis, avant Vauban et de son temps, à l'étranger. — Fortification à tours. — Bastions. Tracés d'Errard, de Deville, de Pagan et de Coehorn.

Idée du 2e et du 3e tracé de Vauban; perfectionnements apportés depuis à la fortification par Cormontaingue, dont les préceptes sont encore suivis en France. — Système moderne allemand. — Abandon des tracés systématiques en France.

Exercices. Dessin complet coté et lavé, à l'échelle de 0,001, d'un front de fortification, en terrain horizontal, du premier tracé de Vauban, avec un profil brisé sur la courtine, la demi-lune et le chemin couvert.

Croquis des tracés d'Errard, de Deville, de Pagan et de Coehorn, à petite échelle.

4e PARTIE. — ATTAQUE ET DÉFENSE DES PLACES.

18e leçon.

Préparation d'un siége. Approvisionnements. Investissement. Campement. Armée de siége; sa force. Armée d'observation. — Lignes de circonvallation et de contrevallation. — Confection de fascines, gabions, plates-formes, etc. — Reconnaissance, point d'attaque.

Ouverture de la tranchée. — Première et deuxième parallèle; premières batteries. — Idée du ricochet. — Continuation des travaux; sapes. Troisième parallèle; nouvelles batteries. — Couronnement des chemins couverts. — Batteries de brèche, contre-batteries. — Passage des fossés. Assauts. — Prise successive des ouvrages. Attaque du dernier retranchement. — Prise de la place.

19e leçon.

De l'état de guerre et de l'état de siége des places fortes. Devoirs de précaution et de surveillance du gouverneur. Règlement du service de la garnison. Dispositions à prendre contre l'investissement, contre la construction des lignes, contre l'ouverture de la tranchée et la continuation des travaux.—Sorties grandes et petites; leurs dangers, leurs avantages.—Armement. Emploi de l'artillerie; bonne direction à donner à ses feux. — Emploi de la mousqueterie et des fusils de rempart. — Construction des retranchements intérieurs. — Emploi des mines. — Manœuvres d'eau.

Notions succinctes sur l'attaque et la défense des places chez les anciens.

EXERCICE. La seule application que feront les élèves des matières de ces deux leçons, consistera à rapporter sur le dessin lithographié d'une place, à l'échelle de 1/10000e, le tracé des opérations principales d'un siége, depuis l'ouverture de la tranchée jusqu'à l'ouverture des brèches au corps de place. (Un croquis.)

20e leçon.

Considérations générales sur la défense des côtes. — Des grandes places maritimes. But qu'elles doivent remplir. — De leurs forts détachés. — Batteries de côte; postes garde-côtes, de sûreté, d'observation; tours modèles; vigies, etc. — Armement de la marine. — Des batteries flottantes; leurs effets. — Attaque et défense des places maritimes.

Quelques mots sur les travaux mixtes de la marine.

NOTA. L'insuffisance des études militaires sera en partie comblée par des exercices de maniement d'armes, que les élèves feront dès leur entrée à l'École, et par l'étude pratique des écoles du soldat, de peloton et de bataillon. Il y aura une cote d'exercice, figurant au tableau des notes de chaque élève.

IX. COURS DE TOPOGRAPHIE.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Le cours de topographie sera fait aux élèves de l'École polytechnique, dans la seconde année d'études, par le professeur chargé en même temps du cours d'art militaire, lequel sera aidé par le chef des travaux graphiques et, au besoin, par ses adjoints.

Le nombre des leçons sera de dix, et leur durée sera de 1 heure 1/2, y compris une interrogation à l'amphithéâtre, d'une demi-heure environ.

Le professeur et ses adjoints dirigeront et surveilleront l'instruction dans toutes ses parties.

PROGRAMME DU COURS.

1re PARTIE. — CARTES TOPOGRAPHIQUES ET HYDROGRAPHIQUES.

1re leçon.

Objet et utilité de la topographie. Ses applications dans l'art militaire et les constructions. Sa connexion à la géodésie et à la géographie. Sa liaison avec l'hydrographie.

Considérations générales sur la surface de la terre et sur le détail de ses formes.

La surface du terrain, n'étant point susceptible d'une définition géographique rigoureuse, s'exprime par ses tranches horizontales équidistantes ou par ses lignes de plus grande pente.

2e leçon.

Étude détaillée des formes topographiques; nature et limite des pentes; caractères variés des plateaux et des faîtes; pics, cols etc.; des vallées; leur raccordement avec les côteaux suivant la nature de leur formation. — Des cours d'eau et de leurs pentes en pays de plaine ou en pays de montagne. Des lacs et étangs. Des thalwegs. Des déchirements. Des fissures. Des éboulements. — Moyens divers de représentation de ces accidens.

Exercices. Tous les élèves seront tenus de mettre au net, en une feuille ou deux, tous les

croquis pris à l'amphithéâtre, relatifs aux divers accidents de terrain étudiés dans la leçon, et dont la démonstration leur sera répétée dans les salles, sur des modèles dessinés ou exécutés en relief.

3e leçon.

Étude de la représentation de la surface du sol au moyen des courbes horizontales. Conditions que doivent remplir ces courbes pour l'expression de pentes continues et pour celle des formes variées qu'elles affectent. — Lecture des cartes par tranches horizontales.

Expression du terrain par les lignes de plus grande pente. Cas où il est convenable de les employer; où il est préférable de faire usage des horizontales. (Le professeur ne tranchera pas la question de la préférence à donner à l'une de ces méthodes sur l'autre.) Systèmes divers pour l'expression et l'appréciation des pentes.. — Diapasons.

Emploi du lavis combiné avec les horizontales ou avec les hachures.

Indication, dans tous les systèmes, des hauteurs absolues au moyen des cotes de nivellement.

De l'hydrographie et des sondes qui ont donné naissance au système des tranches horizontales. — Cartes marines.

Nota. Les élèves composeront, sur des données admises par le professeur, une feuille d'ensemble sur le figuré du terrain par courbes horizontales. Ce premier croquis, après correction par le professeur et ses aides, sera refait au net, en évitant les fautes signalées. Ce dessin servira en même temps d'exercice d'écriture topographique.

4e leçon.

Orientation constante des cartes topographiques.

Échelles topographiques les plus usuelles, en raison de l'objet des cartes. — Cartes de reconnaissance; cartes de précision. Cartes de grands détails.—Cartes manuscrites; cartes gravées. Indications sur la carte de France, du dépôt de la guerre.

Des signes et des teintes conventionnels.

Exercices. Application des teintes conventionnelles sur trois cartes gravées : la première étant le tableau même des signes et des teintes conventionnels; la seconde le plan gravé de l'École, et la troisième la carte topographique d'un terrain réel, exprimé par tranches horizontales.

Pendant tout le reste du cours, et même au delà, s'il est nécessaire, les élèves s'exerceront au dessin de cartes topographiques où les pentes seront exprimées, d'abord au moyen de hachures, puis, pour le même terrain, au moyen de teintes posées au pinceau. Ils feront deux cartes de chaque espèce : l'une en pays de plaine légèrement ondulé, l'autre en pays de mon-

tagne. Le terrain leur sera donné au moyen de cartes gravées, sur lesquelles seront tracées les horizontales équidistantes, et qui seront extraites, autant que possible, du dépôt de la guerre.

2ᵉ PARTIE. — Lever des cartes et détails topographiques.

5ᵉ leçon.

Méthodes générales à l'aide desquelles on obtient la planimétrie d'une certaine étendue de terrain, dépendant d'un lever géodésique.

Modes divers de l'exécution des détails du lever, en raison de son importance et de son objet.

6ᵉ, 7ᵉ et 8ᵉ leçon.

Lever au mètre et description des instruments qui servent au mesurage des distances. Lever à la planchette. Lever à la boussole et, en général, au moyen des instruments qui servent à la mesure des angles. — Description, usage et vérification de ces divers instruments.

Levers dits à vue. Méthodes particulières pour les exécuter avec quelque précision; instruments portatifs et documents dont on doit chercher à s'aider.

9ᵉ et 10ᵉ leçons.

Nivellement : méthodes diverses pour l'exécuter; mesure des angles de hauteur; niveaux; baromètres.

Indépendamment des instructions générales données à l'amphithéâtre, l'usage des instruments de levers sera expliqué dans les salles, aux élèves, et ces instruments seront remis dans leurs mains, pour exécuter des fragments de lever dans l'intérieur même de l'École, sous la direction et la surveillance du professeur, du chef des travaux graphiques et de ses adjoints, enfin des officiers inspecteurs des études.

X. COURS DE COMPOSITION ET DE LITTÉRATURE FRANÇAISE.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

Ce cours a deux objets : 1° exercer les élèves à la composition littéraire; 2° leur enseigner les règles de l'art d'écrire, et leur en donner le sentiment par l'étude comparée de nos grands écrivains.

Les sujets de composition sont exposés de vive voix par le professeur, qui a soin de rassembler tous les documents nécessaires, de manière à éviter aux élèves tout travail préparatoire de recherches.

La correctiou se fait à l'amphithéâtre pour un certain nombre de compositions; elles sout toutes remises aux élèves, avec un jugement général et des notes de détail, consignées en marge, sur les copies.

La première portion du cours est consacrée aux élèves de première année.

Après quelques courtes notions de grammaire générale, dans sa portion la plus haute, le professeur exposera, en détail, les règles de la composition littéraire. En évitant, autant que possible, la sécheresse des théories abstraites, il s'attachera à confirmer les règles indiquées, par des exemples choisis dans nos meilleurs auteurs. Il aura toujours en vue le caractère pratique de cet enseignement, et la destination spéciale des élèves; il se proposera surtout de les mettre en état de rédiger, un jour, un bon rapport, bien net, bien écrit, bien ordonné dans toutes ses parties, et qui révèle, même dans les sujets les moins littéraires, la connaissance des règles de l'art d'écrire.

Après ces notions générales, la deuxième partie du cours de première année, et la deuxième année tout entière, seront consacrées à l'analyse de nos chefs-d'œuvre littéraires. Un coup d'œil sommaire sur les origines et l'histoire de la langue française, un aperçu rapide des poètes et des prosateurs les plus éminents du XVI[e] siècle, introduiront les élèves à l'étude des grands écrivains du XVII[e].

Une portion seulement de l'histoire littéraire du XVII[e] siècle pourra être passée en revue dans le cours de première année. Cette étude se continuera dans le cours de deuxième année, et sera complétée par celle des principaux écrivains du XVIII[e] siècle.

PREMIÈRE ANNÉE.

I[re] PARTIE. — THÉORIE DE L'ART D'ÉCRIRE.

Grammaire générale (d'après les principes de Port-Royal, de Silvestre de Sacy et le cours professé par Andrieux à l'École polytechnique). Philosophie du langage; origine des langues et des alphabets; rapports des sons avec les idées. Des mots considérés comme sons et comme signes de nos pensées. Analyse rapide des divers éléments du langage humain. Caractères spéciaux de la langue française, comparés avec ceux des principales langues anciennes et modernes (deux leçons).

Règles de la composition littéraire. Trois parties essentielles constituent l'art d'écrire, et se retrouvent dans tout sujet, écrit ou parlé : l'invention, la disposition, l'élocution.

De l'invention. Création du sujet, revue sommaire des parties dont il se compose. Arguments, formes diverses du raisonnement (une leçon).

De la disposition. Méthode, plan raisonné du sujet qu'on veut traiter; six parties plus ou moins essentielles dans tout sujet : l'exorde, la proposition et la division, la narration, la preuve ou confirmation, la réfutation et la conclusion (une leçon).

De l'élocution. Qualités générales et particulières du style; principes généraux de l'art d'écrire, puisés surtout dans Buffon, discours à l'Académie. Figures de mots et de pensées (deux leçons).

2e Partie. — Études littéraires appliquées.

Aperçu très-sommaire des origines de la langue française. Décomposition du latin, langues néo-latines et leur système de formation. Remplacement des cas ou désinences par les prépositions, et des flexions des verbes par les verbes auxiliaires. Caractère analytique des langues modernes substitué à la synthèse des langues anciennes (une leçon).

Origines de la littérature française; romans et fabliaux du moyen âge; chroniqueurs et historiens : Villehardouin, Joinville, Froissard, Comines; naissance du théâtre, mystères, moralités et sotties (deux leçons).

Seizième siècle, trois divisions : 1° poésie; Marot, Ronsard et sa pléïade, Régnier, Malherbe; 2° prose; Rabelais, Montaigne; 3° art dramatique; tragédies de Jodelles, Garnier et Hardy (trois leçons).

Dix-septième siècle, quatre grandes divisions :

1° Les philosophes et les moralistes : Descartes, Pascal, Labruyère, Larochefoucault;

2° Les orateurs sacrés, Bossuet, Fénélon, Massillon, Bourdaloue, Fléchier;

3° Les poëtes dramatiques, Corneille, Racine, Molière, Régnard;

4° Les poëtes, Lafontaine, Boileau. — Polygraphie : lettres de Mme de Sévigné, mémoires de Retz, de Louis XIV, de Saint-Simon, etc.

Les dix-huit dernières leçons seront employées à passer en revue la première et la troisième de ces quatre divisions.

DEUXIÈME ANNÉE.

Le cours de cette année sera exclusivement réservé à l'étude de la littérature appliquée.

Dans la première portion, le professeur achèvera d'exposer l'histoire littéraire du dix-septième siècle, dans ses deuxième et quatrième divisions, les orateurs sacrés et les poëtes (dix-huit leçons).

Dans la seconde portion du cours, le professeur fera connaître les principaux écrivains du dix-huitième siècle (douze leçons).

XI. LANGUE ALLEMANDE.

PREMIÈRE ANNÉE.

1re et 2e leçon.

Prononciation. — Écriture. — Accent tonique.

Déclinaison des articles. — Tableau général de la déclinaison des adjectifs déterminatifs, comme dieser, diese, dieses et mein, meine, mein.

3e et 4e leçon.

Déclinaison des substantifs : Génitif en es et génitif en en. — Règles générales sur la suppression de la voyelle e dans les désinences des substantifs, sur le singulier des féminins et l'adoucissement de la voyelle radicale au pluriel des substantifs. — Déclinaisons des substantifs masculins, féminins et neutres. — Règles sur les substantifs dont le pluriel se forme en er.

5e et 6e leçon.

Pluriel de deux formes de signification différente; ex. : das Band. — Substantifs employés au singulier seulement; ex. : der Muth. — Substantifs qui ne se présentent que sous la forme du pluriel; ex. : Einkünfte.

Déclinaison des substantifs d'origine et de forme étrangères. — Déclinaison des noms propres de personnes, de pays et de villes.

7e, 8e et 9e leçon.

Substantifs radicaux et substantifs dérivés. — Terminaison des substantifs dérivés : 1° noms communs : er, in, chen, lein, ling; 2° noms abstraits : en, ung, e avec l'augment ge, niß, sel, sal, ei, e, heit, keit, schaft et thum.

Substantifs composés. — Préfixes des substantifs : un, ur, erz, aber, after, ant et ge.

Genre des substantifs radicaux. — Détermination du genre des substantifs dérivés, d'après leur terminaison. — Genre des substantifs composés. — Détermination du genre des substantifs d'après leur signification. — Substantifs qui changent de genre en changeant de sens, comme der Band et das Band.

10e, 11e, 12e, 13e et 14e leçon.

Déclinaison des adjectifs et pronoms démonstratifs, relatifs et interrogatifs, des pronoms personnels, du pronom réfléchi, des pronoms indéfinis, des adjectifs et pronoms possessifs.

Formation et déclinaison des noms de nombre cardinaux et ordinaux. — Adjectifs numéraux indéterminés. Déclinaison. — Noms de nombre dérivés et composés. Fractions et nombres fractionnaires.

Déclinaison des adjectifs qualificatifs.

Formation du comparatif et du superlatif des adjectifs. Adoucissement de la voyelle radicale. — Comparatifs et superlatifs irréguliers : gut, viel, etc. — Déclinaison des comparatifs et des snperlatifs.

Adjectifs radicaux et adjectifs dérivés. — Terminaison des adjectifs dérivés : ig, isch, bar, sam, en, ern, lich, haft et icht. — Adjectifs composés.

15e, 16e et 17e leçon.

Conjugaison des trois verbes auxiliaires sein, haben et werden. — Emploi de ces auxiliaires.

Conjugaison du verbe régulier actif ou neutre. — Verbes impersonnels. — Conjugaison du verbe régulier passif. — Conjugaison du verbe régulier, réfléchi ou pronominal.

Formation des temps et modes d'un verbe régulier, actif ou neutre : Temps simples et temps composés. — Formation du verbe passif. — Formation du verbe réfléchi ou pronominal. — Suppression de la voyelle e dans les terminaisons en, est, et, ete. — Suppression de l'augment ge du participe passé.

18e, 19e et 20e leçon.

Différences entre la conjugaison des verbes irréguliers et celle des verbes réguliers. — Irrégularités générales : participe passé, imparfait de l'indicatif et imparfait du subjonctif. — Irrégularités particulières : présent de l'indicatif et impératif.

Classification des verbes irréguliers suivant les modifications de la voyelle radicale au participe passé et à l'imparfait : 1re classe, voyelle radicale a ; 2e classe, voyelle radicale e ; 3e classe, voyelle radicale i ; 4e classe, diphthongue radicale ei ; 5e classe, diphthongues radicales ie et au et voyelles radicales adoucies ä, ö, ü.

6e classe des verbes irréguliers ou verbes non compris dans les catégories précédentes : schallen, gehen, stehen, bitten, sitzen, schinden, heißen, liegen, hauen, laufen, gebären, kommen, stoßen, rufen, thun. — Verbes semi-irréguliers (au nombre de 15), brennen, etc., sollen, etc.

21e leçon.

Verbes primitifs et verbes dérivés. Terminaisons des verbes dérivés : en, eln, ern, igen, chen, schen, zen, iren (ieren). — Verbes composés. Préfixes : be, er, ver, ent emp, zer, miß. — Particules séparables. Particules inséparables. Particules tantôt séparables, tantôt inséparables.

22e 23e et 24e leçon.

Adverbes de lieu, de temps, de manière, etc. — Adjectifs employés adverbialement. — Comparatif et superlatif des adverbes.

Prépositions. — Substantifs, adjectifs et participes employés commé prépositions. — Régime des prépositions.

Conjonctions et interjections. — Adverbes dérivés en lich, (e)s, (en)s, (e)n. — Adverbes, prépositions et conjonctions composés. — Les adverbes de lieu hier, da, wo, her et hin combinés entre eux et avec des prépositions.

25e, 26e, 27e, 28e, 29e et 30e leçon.

Versions dictées.— Thèmes généraux sur les éléments de la grammaire.— Exercices de conversation sur une petite portion du texte expliqué dans la leçon précédente.

2e ANNÉE.

1re, 2e et 3e leçon.

Coup d'œil rétrospectif sur les éléments de la grammaire.

Construction de la proposition indépendante ou principale, et de la proposition subordonnée. — Le sujet, le verbe et l'attribut. — Le sujet et ses compléments. — L'attribut et ses compléments.

Inversion du sujet et du verbe, de la proposition indépendante ou principale. — Inversion de la proposition subordonnée.

4e et 5e leçon.

Construction des parties du discours et de leurs compléments ou régimes. Le substantif, l'adjectif, le verbe, le participe, l'infinitif et leurs compléments. — L'adverbe et ses compléments. — La préposition et son régime. — Place de la conjonction.

Construction de plusieurs compléments d'un même mot par rapport les uns aux autres. — Compléments d'un substantif. — Compléments d'un verbe attributif (participe, infinitif) ou d'un adjectif qualificatif. — Place de la particule séparable. — Inversions.

6[e], 7[e] et 8[e] leçon.

Emploi de l'article défini. — Emploi de l'article indéfini.

Emploi des substantifs.[1]

Emploi des adjectifs et pronoms démonstratifs. — Emploi des adjectifs et pronoms relatifs et interrogatifs.—Comparaison entre der et welcher.—Was employé pour welches ou das. — Comparaison entre welcher, was für ein, et welch ein. — Welches employé comme attribut.

9[e], 10[e] et 11[e] leçon.

Emploi des pronoms personnels. Pronom personnel de la 3[e] personne remplacé par un pronom démonstratif. — Emploi du pronom es, du pronom réfléchi sich, et de selbst (selber). — Pronoms en usage pour désigner la personne à laquelle on s'adresse. — Pronom personnel suivi d'un pronom relatif. — Emploi du pronom indéterminé man. — Adjectif possessif employé comme attribut. — Adjectif possessif remplacé par un démonstratif — Ihr, leur et Sein (Ihr), son, employés pour la 2[e] personne.

Emploi du nom de nombre cardinal ein (Einer) et de l'adjectif numéral beide (Beides). — Cas où les nombres cardinaux employés en français se rendent en allemand par des nombres ordinaux. — Emploi de quelques noms de nombre indéterminés : kein, keiner; jeder, aller, ganz; einiger, etwelcher, etlicher, etwas.

12[e], 13[e], 14[e] et 15[e] leçon.

Accord du verbe de la proposition avec son sujet. — Emploi des temps et des modes du verbe. — Infinitif et participe. Infinitif employé substantivement. Infinitif précédé de zu remplaçant une proposition. Infinitif avec zu employé comme participe. Infinitif employé à la place du participe passé — Participe passé employé à la place de l'infinitif, du participe présent ou de l'impératif. Participes français rendus en allemand par des propositions. Participes employés comme adjectifs et adverbialement.

Emploi des auxiliaires du temps et du mode. — Régime des verbes. Verbes qui régissent le génitif. Verbes qui régissent le datif. Verbes qui régissent l'accusatif. Verbes qui régissent deux accusatifs. — Zu avec son régime employé comme complément attributif. — Verbes qui régissent l'infinitif avec ou sans l'intermédiaire de la préposition zu.

16[e], 17[e] et 18[e] leçon.

Emploi de quelques adverbes : eben; erst; schon; noch; jetzt, nun; wie, wie sehr, wie viel; zu, zu sehr, zu viel; so, sehr, so viel; ja, ja wohl; nein, nicht. — Adverbes de lieu employés d'une manière elliptique.

Classification des prépositions suivant les cas qu'elles régissent. — Emploi des prin-

cipales prépositions. — Prépositions employées adverbialement. — Prépositions employées d'une manière elliptique.

Influence des conjonctions sur la place du verbe de la proposition. — Emploi des principales conjonctions. — Emploi des interjections.

19e leçon.

Orthographe et ponctuation. Emploi de quelques voyelles et de quelques consonnes : i, y; aa, ee; ig, ich; ſ, s, ſt, ß, ſſ; v; x; dt, th. — Mots étrangers. — Emploi des majuscules. — Séparation des syllabes. — Trait d'union. — Apostrophe.

20e et 21e leçon.

Prosodie allemande.

22e, 23e, 24e, 25e, 26e, 27e, 28e, 29e et 30e leçon.

Explication à livre ouvert. — Composition allemande (lettre, rapport ou narration sur un sujet quelconque).

XII. DESSIN DE LA FIGURE ET DU PAYSAGE.

Chacun des dessins, exécutés à l'École dans le cours de l'année, reçoit une note de mérite. La note moyenne est déterminée d'après un règlement fait par le directeur des études.

Après la fin du Cours de dessin, les leçons de ce Cours sont remplacées, dans les deux divisions, par des exercices de lavis d'architecture.

XIII. OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

Leçons. — Leur durée ne dépassera jamais une heure et demie. La première demi-heure sera consacrée à interroger les élèves au tableau. Lorsque, dans les Cours de sciences physiques, la nature des expériences n'aura pas permis d'interroger au commencement de la leçon, il y sera suppléé à la fin; et, si cela même avait été impossible, le directeur des études, après plusieurs leçons passées sans interrogations, fixerait une leçon supplémentaire qui serait spécialement consacrée, par le professeur, à des interrogations.

Les professeurs feront remettre au directeur des études une note *détaillée* sur l'objet de chaque leçon, comprenant les questions et les applications qui y auront été traitées.

Les dernières leçons des Cours d'analyse, de géométrie descriptive, de mécanique et machines, et de physique, seront consacrées à une révision rapide de l'ensemble des matières traitées dans ces Cours.

Les examinateurs des élèves assisteront au moins deux fois à chacun des Cours sur lesquels ils doivent interroger à la fin de la première année. Ils préviendront le directeur des études du jour qu'ils auront choisi, afin que celui-ci puisse assister à la leçon. Ils rendront un compte écrit de ces séances.

Les professeurs devront donner, par écrit, quelques développements sur les points les plus difficiles de leurs Cours, et mettre entre les mains des élèves, des tableaux des principales données numériques relatives aux questions traitées dans les leçons.

Toutes espèces de feuilles, lithographiées ou imprimées, comprenant le texte même des leçons, sont formellement interdites. Il ne pourra être introduit dans l'École aucune feuille lithographiée ou imprimée, rédigée par un ou plusieurs élèves.

Compositions écrites.—Les professeurs des Cours d'analyse, de mécanique et machines, de chimie, de physique, de géodésie, donneront aux élèves des questions et exercices à traiter par écrit. Ces compositions devront être de nature à présenter, au moins une fois sur deux, des applications numériques : les données devront être différentes pour tous les élèves d'une même salle.

Les compositions seront données dans la proportion *d'une* pour *quatre* leçons. Elles seront corrigées par les professeurs et les répétiteurs, cotées de numéros de mérite depuis 0 jusqu'à 20, et remises, avec les observations nécessaires, aux élèves, qui les conserveront.

Le directeur des études prendra toutes les mesures nécessaires pour l'exécution de ces dispositions.

Études. — L'étude qui suivra une leçon sera toujours spécialement consacrée à en étudier les matières, ou à exécuter les applications qui s'y rapportent.

Dans tous les cours, *sans exception,* les professeurs et les répétiteurs suivront les travaux des élèves dans les salles, pendant toutes les études spécialement consacrées aux matières de leur enseignement. Ils donneront aux élèves les développements et explications dont ceux-ci auront besoin. Les professeurs de chimie assisteront aux manipulations; et il en sera de même du professeur de physique quand les manipulations relatives à son cours auront pu être établies.

Interrogations particulières. — Les répétiteurs interrogeront de six à huit élèves, suivant les cours, en une séance de deux heures. Ces élèves seront présents pendant toute la durée de la séance.

L'examen portera sur toutes les matières enseignées depuis la dernière interrogation de ces élèves, de manière à les leur faire passer en revue et à les forcer de n'en négliger aucune.

Les interrogations n'auront pas lieu à des époques régulières. Les élèves seront prévenus vingt-quatre heures à l'avance, de l'interrogation qu'ils auront à subir le lendemain.

Les professeurs et les capitaines inspecteurs des études assisteront, de temps en temps, à ces interrogations.

La clôture des interrogations particulières aura lieu, chaque année, sur l'ordre du directeur des études.

Interrogations générales. — Les interrogations générales seront faites par les professeurs, aidés des répétiteurs.

Les élèves seront interrogés simultanément, au nombre de quatre à six, suivant les cours, pour une interrogation de deux heures au moins.

Après chaque leçon ou séance d'interrogation, les professeurs et les répétiteurs donneront connaissance à la direction des études, des notes et numéros de mérite qu'ils auront assignés aux élèves interrogés. Les interrogations de la seconde année auront aussi pour objet de s'assurer si les principaux points de l'instruction, donnée dans l'année précédente, ne sont pas oubliés.

Travail graphique. — Le directeur des études fixera, après l'explication d'un petit nombre d'épures, l'époque de la remise des dessins que les élèves auront dû exécuter.

Examens faits à la fin de la première année d'études. — Ces examens commenceront le 1er septembre de chaque année, et devront être terminés pour le 25.

Les examinateurs donneront à chacun des élèves un numéro de mérite de 0 à 20; mais ils ne les classeront pas sur une liste générale.

Tableau général des notes obtenues par les élèves dans le courant de la première année. — La direction des études dressera ce tableau pour chaque élève, et fera ressortir la note moyenne dans chacune des parties. — Tout élève dont les moyennes accuseraient une instruction insuffisante ne pourra être admis en première division; il sera exclu de

l'École, s'il n'a pour excuse une maladie dûment constatée, auquel cas il lui sera permis, suivant l'usage, de passer une seconde année dans la seconde division.

Vacances entre les deux années d'études. — Leur durée sera de *quarante-cinq* jours, du 25 septembre au 10 novembre.

Les élèves de la deuxième division, qui passeront à l'École le temps des vacances, exécuteront des manipulations de chimie et divers travaux graphiques relatifs aux cours de la première division.

Tableau général des notes obtenues par les élèves dans le courant de la seocnde année d'études. — Le directeur des études dressera ce tableau pour chaque élève, après la dernière interrogation générale, et fera ressortir la note moyenne dans chacune des parties. Tout élève dont les moyennes accuseraient une instruction insuffisante ne pourra être admis à subir l'examen d'admission dans les servives publics; il sera exclu s'il n'a pour excuse une maladie dûment constatée, auquel cas il lui sera permis, suivant l'usage, de passer une seconde année dans la première division.

Un élève ne pourra, dans aucun cas, rester plus de trois années à l'École polytechnique.

Nota. Le directeur des études donnera aux professeurs et aux répétiteurs les instructions nécessaires pour que l'enseignement soit dirigé dans la voie tracée par les programmes adoptés. Il s'assurera que ces instructions ont été bien comprises et qu'elles sont exécutées, en assistant fréquemment aux leçons, aux interrogations et, en général, à tous les travaux des élèves.

Examens pour l'admission dans les services publics.

Ces examens s'ouvriront un mois après la fin de la dernière interrogation générale, faite dans la première division, c'est-à-dire vers le 10 septembre.

Ils porteront sur l'ensemble des cours faits pendant les deux années d'étude. Toutefois les élèves ne seront pas interrogés sur la totalité des matières des cours. Seront retranchés des examens d'admission dans les services publics: 1° l'ensemble des matières comprises (voir les programmes ci-dessus), dans un alinéa précédé d'un astérisque *; 2° l'ensemble des matières comprises entre deux traits(—) et précédées d'un astérisque *.

L'École polytechnique remettra aux jurys d'admission le tableau complet des notes obtenues par les élèves pendant leur séjour à cette École. Les élèves feront eux-mêmes, au moment de leurs examens, la remise de leurs travaux graphiques et de leurs compositions de tous genres.

Un règlement ministériel fixera, en temps utile, les détails du mode suivant lequel se feront, dans l'intérêt de l'État, la répartition et l'admission des élèves dans les différents services publics. Ce règlement déterminera la proportion suivant laquelle les notes de l'École entreront dans les classements des jurys d'admission.

XIV. MESURES TRANSITOIRES.

PREMIÈRE ANNÉE D'ÉTUDES.

Le professeur du cours de géométrie descriptive enseignera, pendant l'année scolaire 1850-1851 la théorie des surfaces du second degré, conformément au programme d'admission, p. 29.

Les élèves de la promotion entrante ayant appris la statique conformément à l'ancien programme d'admission, le professeur du cours de mécanique y aura égard pour quelques points de détail.

L'histoire ne devant être exigée qu'en 1852, le professeur du cours de littérature introduira pendant deux ans, dans son enseignement de la première année, les modifications nécessaires pour suppléer à l'insuffisance des connaissances historiques des élèves.

Pendant deux ans également, le professeur de langue allemande baissera son enseignement de manière à le mettre à la portée des élèves, qui entreront sans avoir aucune notion d'allemand.

DEUXIÈME ANNÉE D'ÉTUDES.

L'analyse sera enseignée suivant le nouveau programme. Le professeur conservera toutefois, pour cette année, la théorie de la courbure des surfaces, et l'explication des usages du calcul des différences, en se conformant, sur ces points, au programme de première année, p. 53 et 54.

Le professeur du cours d'analyse achèvera, cette année, le cours de mécanique rationnelle qu'il a commencé l'an dernier. Il insistera plus particulièrement sur les points du cours qui sont susceptibles d'application, et simplifiera l'exposé des théories générales.

Le professeur actuel du cours de machines fera ce cours comme par le passé. Il lui donnera toutefois plus de développement, et le portera à 36 leçons.

Le professeur du cours de géodésie se conformera au nouveau programme, après avoir insisté sur les commencements de la trigonométrie sphérique.

Le professeur de langue allemande mettra, comme pour la seconde division, son cours à la portée des élèves.

Nota. Les tableaux de l'emploi du temps ont été dressés pour un service normal et régulier. Toutes les modifications qui devront y être apportées, pour l'exécution des mesures transitoires, seront arrêtées par le directeur des études.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

2e DIVISION. —————— 1re ANNÉE D'ÉTUDES.

ANNÉE SCOLAIRE 1850-1851.

Tableau de la distribution des Cours, Leçons et Interrogations générales.

INDICATION DES COURS.	NOMBRE des LEÇONS ou séances.	LES LEÇONS		LES INTERROGATIONS GÉNÉRALES	
		COMMENCENT le	FINISSENT le	COMMENCENT le	FINISSENT le
Analyse......................	45 (A)	5 novembre.	15 février.	27 février.	5 mars.
Mécanique et machines.........	34	8 mars.	1er juillet.	1er août.	7 août.
Géométrie descriptive et ses applications......	70 (B)	4 novembre. 7 mars.	17 février. (31 leçons.) 21 juillet. (39 leçons.)	27 février. 1er août.	5 mars. 7 août
Physique....................	(e) 33 (c)	6 novembre.	23 juillet.	14 août.	20 août.
Chimie......................	(e) 37	8 novembre.	24 juillet.	14 août.	20 août
Littérature française............	30	8 novembre.	6 juin.	"	"
Langue allemande.............	30	9 novembre.	31 mai.	"	"
Dessin (figure et paysage)........	50	5 novembre.	26 avril.	"	"
Lavis.......................	16	3 juin.	20 juillet.	"	"

(A) Y compris les séances de révision.
(B) Y compris les concours et les séances de révision.
(c) Y compris les séances consacrées, par le professeur, à interroger les élèves à l'amphithéâtre.
(e) Les cours de physique et de chimie seront interrompus du 18 février au 4 mars.

Nota. Les modifications de détail que les circonstances exigeront dans la fixation des dates, durant la présente année ou dans les années suivantes, seront arrêtées par le directeur des études.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

1re DIVISION. —— 2e ANNÉE D'ÉTUDES.

ANNÉE SCOLAIRE 1850-1851.

Tableau de la distribution des Cours, Leçons et Interrogations générales.

INDICATION DES COURS.	NOMBRE des LEÇONS.	LES LEÇONS COMMENCENT le	LES LEÇONS FINISSENT le	LES INTERROGATIONS GÉNÉRALES COMMENCENT le	LES INTERROGATIONS GÉNÉRALES FINISSENT le
Analyse	33	12 novembre.	4 mars.	11 mars.	15 mars.
Mécanique et machines	42	11 novembre.	3 avril.	10 avril.	14 avril.
Géodésie	33	15 avril.	5 août.	11 août.	16 août.
Physique	35	16 novembre.	19 juillet.	1er août.	7 août.
Chimie	38	12 novembre.	22 juillet.	1er août.	7 août.
Architecture et constructions	40	13 novembre.	23 juillet.	"	"
Art militaire et fortification	20	17 avril.	23 juin.	30 juin.	10 juillet.
Topographie	10	16 novembre.	16 avril.	"	"
Littérature française	30	12 novembre.	3 juin.	"	"
Langue allemande	30	14 novembre.	12 juin.	"	"
Dessin de la figure et du paysage	50	11 novembre.	2 mai.	"	"
Lavis	12	13 novembre.	13 février.	"	"

Nota. Les jours où devront avoir lieu les leçons supplémentaires seront indiqués par le directeur des études. Il en sera de même des séances supplémentaires de travail graphique, s'il y a lieu.

Les cours de physique et de chimie pourront être suspendus pendant la semaine qui précédera chacune des interrogations générales d'analyse ou de mécanique, à condition d'accorder à chacun de ces cours deux séances supplémentaires dans le courant de l'année.

Les modifications de dates qui seront nécessaires, pendant la présente année ou dans les années suivantes, seront arrêtées par le directeur des études.

ÉC[illegible] — 1re ANNÉE D'ÉTUDES. — ANNÉE SCOLAIRE. 1850 — 1851.

POLYTE[illegible]

4 novembre au 5 mars. (1re Période.)

DE L[illegible]	3h – 5h	5h – 7h	7h – 9h	9h – 10h
L[illegible]	Récréation, exercices, inspections, escrime, arts d'agrément, bibliothèque.	Étude libre et interrogation de physique.	Étude libre et interrogation de géométrie descriptive.	Souper à 9 heures. Appel dans les chambres à 10 heures le mercredi et le dimanche, et à 9 heures 1/2 les autres jours. Extinction des feux une demi-heure après l'appel.
M[illegible]		Étude libre et interrogation de physique et de chimie.	Dessin de la figure et du paysage.	
Me[illegible]	Sortie libre jusqu'à 10 heures.	Étude libre ou travail graphique pour les élèves consignés.		
Je[illegible]		Étude libre et interrogation de chimie.	Étude et interrogation sur la langue allemande.	
Ven[illegible]		Leçon de littérature. / Compositions littéraires.	Compositions littéraires.	
Sa[illegible]		Leçon de langue allemande. / Étude et compositions d'allemand.	Dessin de la figure et du paysage.	
Dim[illegible]		Étude libre ou travail graphique pour les élèves consignés.		

3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h

1re ANNÉE D'ÉTUDES.

ANNÉE SCOLAIRE 1850 — 1851.

du 6 mars au 1er juin. (2e Période.)

3h – 5h	5h – 7h	7h – 9h	9h – 10h
Arts d'agrément, bibliothèque.	Étude libre et interrogation de physique.	Étude libre et interrogation de mécanique et machines et géométrie descriptive.	Souper à 9 heures; à 8 heures 1/2 après la fin du dessin, excepté les jours de sortie. Appel dans les chambres à 10 heures le mercredi et le dimanche, à 9 heures 1/2 les autres jours. Extinction des feux une demi-heure après l'appel.
	Étude libre et interrogation de physique et de chimie.	Dessin de la figure et du paysage.	
Sortie libre jusqu'à 10 heures	Étude libre ou travail graphique pour les élèves consignés.		
Récréation, exercices, inspections, escrime.	Étude libre et interrogation de chimie.	Étude et interrogation sur la langue allemande.	
	Leçon de littérature. / Composition française.	Composition française.	
	Leçon de langue allemande. / Étude et composition d'allemand.	Dessin de la figure et du paysage.	
	Étude libre ou travail graphique pour les élèves consignés.		

[...]2 juin jusqu'à la fin de l'année scolaire. (3e Période.)

DE	3h – 5h	5h – 7h	7h – 8h ½	8h ½ – 10h
	Récréation, exercices, inspections, escrime, arts d'agrément, bibliothèque.	Étude libre et interrogation de physique et de chimie.	Étude libre, et interrogation de mécanique et de machines.	Souper à 8 heures 1/2. Appel dans les chambres à 10 heures le mercredi et le dimanche, et à 9 heures 1/2 les autres jours. Extinction des feux une demi-heure après l'appel.
		Lavis.	Étude libre et interrogation de physique	
M	Sortie libre jusqu'à 10 du soir.	Étude libre ou travail graphique pour les élèves consignés.		
		Étude libre et interrogation de chimie.	Étude et interrogation sur la langue allemande.	
V		Leçon et étude de littérature ou étude libre.		
S		Lavis.	Étude libre et interrogation de géométrie descriptive.	
Di		Étude libre ou travail graphique pour les élèves consignés.		

Po… — 2e ANNÉE D'ÉTUDES. ANNÉE SCOLAIRE 1851—1852.

…lyse, *de mécanique et de machines.* (1re Période.)

…h – 5h	5h – 9h			9h – 10h
	Étude libre et interrogation de mécanique et de chimie.	Dessin de la figure et du paysage.		Souper à 9 heures. Appel à 9 heures 1/2 dans les chambres (le mercredi et le dimanche à 10 heures). Extinction des feux une demi-heure après l'appel.
	Leçon de littérature française.	Compositions littéraires.		
Sortie libre jusqu'à 10 heures.	Étude libre ou travail graphique pour les élèves consignés.			
	Leçon de langue allemande.	Étude et composition d'allemand.	Étude libre.	
	Étude libre et interrogation de mécanique et de physique.	Dessin de la figure et du paysage.		
	Étude libre et interrogation d'analyse et de physique.	Étude et interrogation d'allemand.		
	Étude libre ou travail graphique pour les élèves consignés.			

Scale: …h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h

'Di…

; de *mécanique et de machines.* (*15 avril.*) (2e Période.)

3ʰ – 5ʰ	5ʰ – 9ʰ			9ʰ – 10ʰ
Sortie libre jusqu'à 10 heures du soir.	Étude libre et interrogation de chimie et de géodésie.	Dessin de la figure et du paysage.		Souper à 9 heures (à 8 heures 1/2 quand le dessin est terminé excepté les jours de sortie.) Appel dans les chambres à 9 heures 1/2 les jours ordinaires, à 10 heures les jours de sortie. Extinction des feux une demi-heure après l'appel.
	Leçon de littérature française.	Compositions littéraires.		
	Étude libre ou travail graphique pour les élèves consignés.			
	Leçon de langue allemande.	Étude et composition d'allemand.	Étude libre.	
	Étude libre et interrogation de chimie et de physique.	Dessin de la figure et du paysage.		
	Étude libre et interrogation de physique et de géodésie.	Étude et interrogation d'allemand.		
Étude libre ou travail graphique pour les élèves consignés.				

